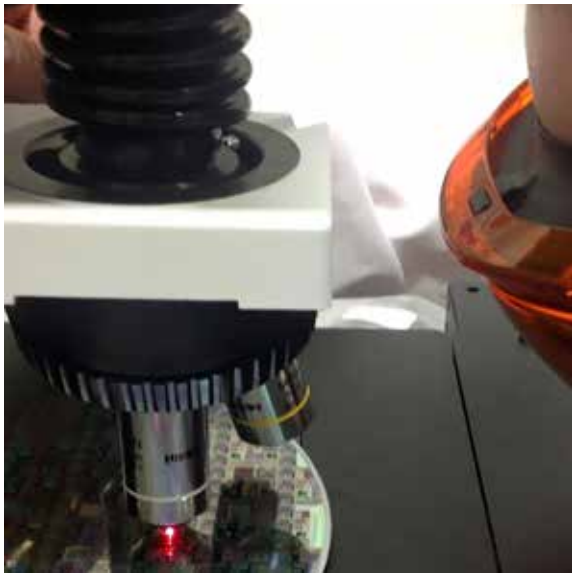
Valutazione



27

BANDO MATERIALI AVANZATI 2003-2013
Progetti e risultati

QUADERNI
DELL'OSSERVATORIO

fondazione cariplo

BANDO MATERIALI AVANZATI 2003-2013

Progetti e risultati

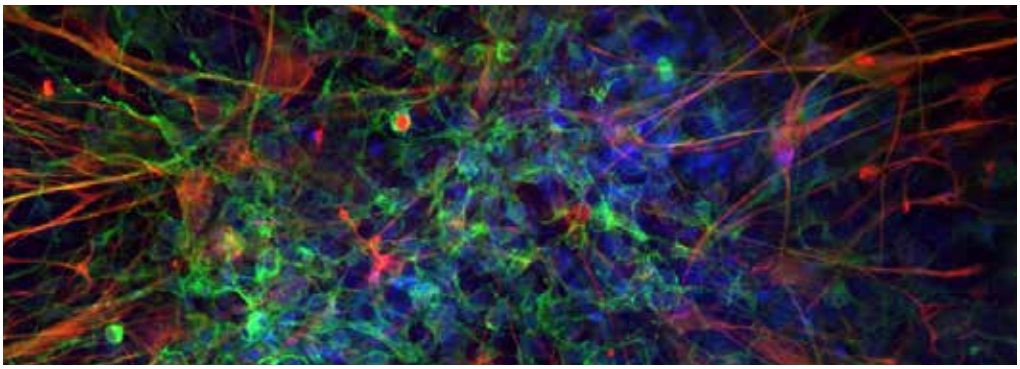
Di Paolo Canino, Diana Pozzoli, Stefano Cima

Collana “Quaderni dell’Osservatorio” n. 27 Anno 2017

Questo quaderno é scaricabile dal sito www.fondazionecariplo.it/osservatorio

BANDO MATERIALI AVANZATI 2003-2013 – Progetti e risultati is licensed under a Creative Commons Attribuzione Condividi allo stesso modo 3.0 Unported License.
doi: 10.4460/2017quaderno27

In copertina: Analisi di nanostrutture per microelettronica – Foto di Bonera E.



Neuroni e astrociti umani da cellule staminali – Foto di Marchini A.

INDICE

ABSTRACT 4

EXECUTIVE SUMMARY 5

1. ORIGINE, ANDAMENTO E GESTIONE DEL BANDO 7

1.1. Genesi e motivazioni 7
1.2. Evoluzione del Bando 8
1.3. Selezione dei progetti 10

2. I RISULTATI DEI PROGETTI FINANZIATI 17

2.1. Quadro di sintesi 17
2.2. Caratteristiche dei progetti analizzati 19
2.3. Realizzazioni dei progetti 22

3. LA RILEVANZA SCIENTIFICA DELLE PUBBLICAZIONI 35

3.1 Impostazione metodologica 35
3.2 Il quadro generale 36
3.3 Rilevanza settoriale 44
3.4 Rilevanza delle collaborazioni realizzate 49
3.5 Rilevanza delle pubblicazioni "citanti" 51

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 53

ABSTRACT

Dal 2003 al 2013, l'Area Ricerca scientifica e trasferimento tecnologico di Fondazione Cariplo ha promosso un Bando volto a favorire la produzione scientifica nel campo dei materiali avanzati finanziando complessivamente 210 progetti per oltre 42 milioni di euro. Questo Quaderno analizza i risultati delle ricerche finanziate con l'obiettivo di descriverne le ricadute in termini di pubblicazioni, brevetti, avvio di percorsi di trasferimento tecnologico, formazione di giovani ricercatori e raccolta di ulteriori finanziamenti. Le analisi si basano soprattutto sui dati raccolti attraverso il progetto Ren.de.re. della Fondazione - che rileva sistematicamente informazioni dettagliate sulle attività svolte e sui risultati raggiunti dai progetti - approfonditi mediante alcuni strumenti di analisi bibliometrica delle relative pubblicazioni. Le elaborazioni quantitative sono state integrate con riscontri qualitativi che hanno permesso di approfondire alcuni aspetti ritenuti particolarmente significativi. Questa indagine si inserisce nel processo consueto di monitoraggio e valutazione delle attività delle Fondazione, teso a informare la collettività sulle iniziative intraprese e a riflettere criticamente sui processi avviati per migliorare continuamente le azioni di indirizzo e gestione. Si ritiene tuttavia che il quadro informativo d'insieme possa fornire elementi di particolare interesse anche per i ricercatori attivi nel campo dei materiali avanzati. A questa comunità va attributo il merito dei brillanti risultati conseguiti e descritti nelle pagine di questa pubblicazione.

Nuovi emettitori a base di nanoparticelle colloidali – Foto di Brovelli S., Meinardi F.

EXECUTIVE SUMMARY

Il lavoro di analisi sul Bando materiali avanzati è organizzato in tre capitoli. Nel primo, sono spiegate le ragioni che hanno portato la Fondazione Cariplo a individuare i materiali avanzati quale ambito strategico di intervento; come si vedrà, tale decisione si è basata su un'analisi di anticipazione tecnologica che ha evidenziato un'elevata coerenza tra gli sviluppi di questa area di ricerca e le esigenze del sistema produttivo lombardo in termini di innovazione e sviluppo. Successivamente, sono descritti l'evoluzione delle modalità di gestione e l'affinamento progressivo dei sistemi di selezione dei progetti. Nel secondo capitolo sono illustrati alcuni dati descrittivi che danno conto degli esiti scientifici e organizzativi (inserimento di nuove figure professionali, supporto ai percorsi di carriera, ulteriori finanziamenti raccolti) dei progetti finanziati, considerando il ruolo che il contributo della Fondazione ha avuto per la realizzabilità del progetto stesso. Il terzo capitolo approfondisce, infine, la rilevanza delle pubblicazioni scientifiche prodotte dai progetti di ricerca finanziati, analizzandone l'impatto (in termini di circolazione dei risultati) presso la comunità scientifica di riferimento e comparando i risultati con alcuni importanti riferimenti internazionali. Per svolgere tale analisi sono stati presi a riferimento sia le maggiori istituzioni di ricerca sia i più importanti enti finanziatori attivi nei settori principali del Bando.

I risultati analizzati sono riferiti a 186 progetti finanziati fra il 2002 e il 2013 per un valore complessivo di €37,1 milioni di contributi erogati. Lo svolgimento di tali progetti ha generato complessivamente 1.370 documenti pubblicati su riviste scientifiche *peer reviewed* e 1.730 presentazioni a congressi scientifici. In 140 casi, i risultati raggiunti dai progetti sono stati divulgati al largo pubblico mediante interviste o articoli apparsi su vari mezzi di comunicazione. In 20 casi, al progetto sono seguiti uno o più procedimenti di brevettazione dei risultati (per un totale di 25).

La realizzazione dei progetti ha inoltre consentito l'inserimento di circa 340 ricercatori (equivalenti a tempo pieno); sono stati inoltre complessivamente coinvolti nei progetti ben 267 enti *partner*. A fronte dei €37,1 milioni di erogazioni, le organizzazioni beneficiarie sono riuscite a raccogliere ulteriori 87 nuovi finanziamenti per un valore complessivo di circa €23,6 milioni.

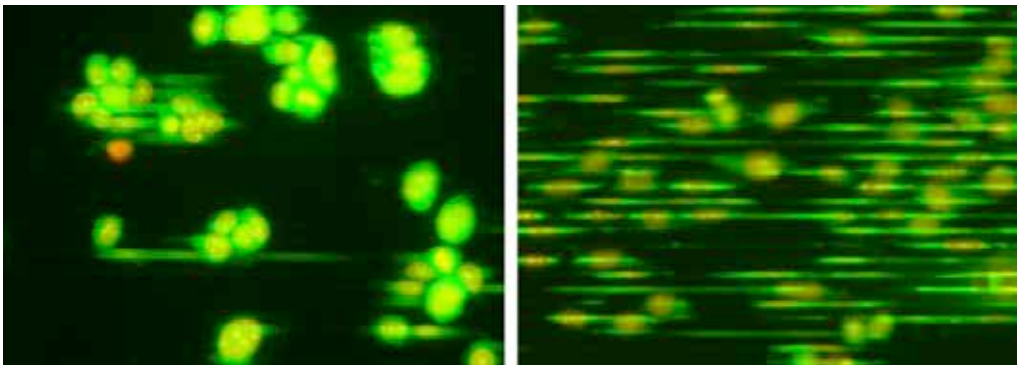
L'approfondimento sulla rilevanza delle pubblicazioni scientifiche si concentra sui 1.130 documenti apparsi su riviste incluse nel database Web of Science. Tali docu-

menti sono stati citati circa 18.400 volte, con una media di circa 16,3 citazioni per documento; 58 documenti sono stati citati almeno 58 volte (indice h). I documenti contenenti citazioni delle pubblicazioni analizzate sono circa 13.200: ciascuno di essi ha dunque citato, in media, 1,4 pubblicazioni. A loro volta, tali documenti sono stati citati più di 200.000 volte (in media, circa 15 citazioni per documento).

Ogni articolo realizzato nell'ambito dei progetti di ricerca finanziati dalla Fondazione è stato firmato, in media, da 8 ricercatori appartenenti a 2 istituzioni diverse localizzate, sempre in media, in due paesi. Se si confrontano poi le citazioni effettive delle singole pubblicazioni con alcune stime riferite agli insiemi dei documenti pubblicati negli stessi anni e sulle stesse riviste, risulta che gli articoli prodotti dalle ricerche finanziate dalla Fondazione sono mediamente più citati, con un rapporto di 1,2 a 1. Un analogo confronto, svolto a parità di settore, produce invece un rapporto di 1,5 a 1. Considerando i dati raggruppati per anno di finanziamento del progetto da cui è scaturita la pubblicazione si riscontra, infine, un'evoluzione positiva nel corso degli anni, soprattutto nel caso del secondo indicatore. La lista delle riviste scientifiche in cui sono stati pubblicati i risultati delle ricerche finanziate dalla Fondazione include alcuni dei nomi più prestigiosi a livello mondiale.

I risultati più rilevanti sono stati raggiunti nell'ambito degli approcci multidisciplinari alla chimica e alla scienza dei materiali: il primo, infatti, registra il numero più elevato di citazioni, nel secondo è invece, concentrato il maggior numero di documenti. Fra gli altri settori, risultano particolarmente positivi i risultati relativi alle pubblicazioni nel campo dell'ingegneria elettrica ed elettronica e degli approcci multidisciplinari alla fisica. Considerando solo i 4 macro-settori più rilevanti (per numero di documenti e numero di citazioni) e confrontando i relativi dati medi con i valori medi registrati per documenti dello stesso tipo e dello stesso anno di pubblicazione, risulta che il sottoinsieme di pubblicazioni analizzate riceve un numero di citazioni in linea con (o superiori a) i valori registrati, in ciascun settore, dai 5 *top performer* e dai 5 principali enti finanziatori al mondo.

Fra le 392 istituzioni coinvolte nella realizzazione dei progetti di ricerca analizzati, 32 appartengono all'insieme delle 20 istituzioni più importanti nel proprio settore, ovvero quelle i cui lavori risultano più citati. Sono invece 215 (circa il19% del totale) i documenti prodotti in collaborazione con almeno uno di tali centri di eccellenza.



1

Microstrutture in silicio con cellule – Foto di Merlo S.

1. ORIGINE, ANDAMENTO E GESTIONE DEL BANDO

1.1. Genesi e motivazioni

Nel 2002 Fondazione Cariplo e Regione Lombardia hanno commissionato all'IRER, l'allora Istituto regionale di ricerca[1], uno studio di anticipazione tecnologica con l'obiettivo di identificare le tecnologie più rilevanti per il sistema territoriale lombardo nel medio-lungo periodo e predisporre adeguate misure di incentivazione della ricerca. L'iniziativa, denominata *Progetto RISE Ricerca, Innovazione e Sviluppo Economico: un percorso regionale per l'eccellenza*, si è fondata su un approccio quantitativo e qualitativo che ha permesso di esaminare l'attrattività - in termini di impatto sui sistemi economici e stadio di sviluppo delle tecnologie - e il posizionamento del sistema tecnico-scientifico lombardo di una serie di famiglie tecnologiche. Sulla base delle informazioni raccolte e dei contributi di qualificati rappresentanti del mondo imprenditoriale e della ricerca, il progetto ha identificato nell'area dei materiali avanzati un promettente ambito di intervento. Lo studio mostrava infatti, da un lato, la coerenza di tali famiglie tecnologiche con le caratteristiche e le esigenze del sistema produttivo lombardo e, dall'altro, una ricca dotazione di strutture, competenze e conoscenze tecnico scientifiche, anche tenuto conto della non eccessiva competizione riscontrata al momento dell'analisi[2].

Forte di tali indicazioni e a seguito di un'approfondita discussione dell'organo di indirizzo, la Fondazione ha lanciato nella primavera del 2003 il Bando *Promuovere la valorizzazione della conoscenza attraverso il sostegno di progetti di ricerca applicata su tecnologie abilitanti* che identificava, quale ambito di intervento, proprio l'area dei materiali avanzati. Pur con lievi modifiche, questo strumento erogativo è stato attivo per oltre un decennio finanziando 210 progetti per complessivi €42.311.269. Sul versante regionale, invece, lo studio realizzato ha ispirato l'*Accordo di Programma per la realizzazione del Distretto ad Alta Tecnologia nel settore dei materiali avanzati,* sottoscritto in data 19 luglio 2004 con il MIUR, e dei suoi programmi attuativi.

1 Dal 1° gennaio 2011, l'Istituto superiore per la ricerca, la statistica e la formazione di Regione Lombardia è Éupolis Lombardia.

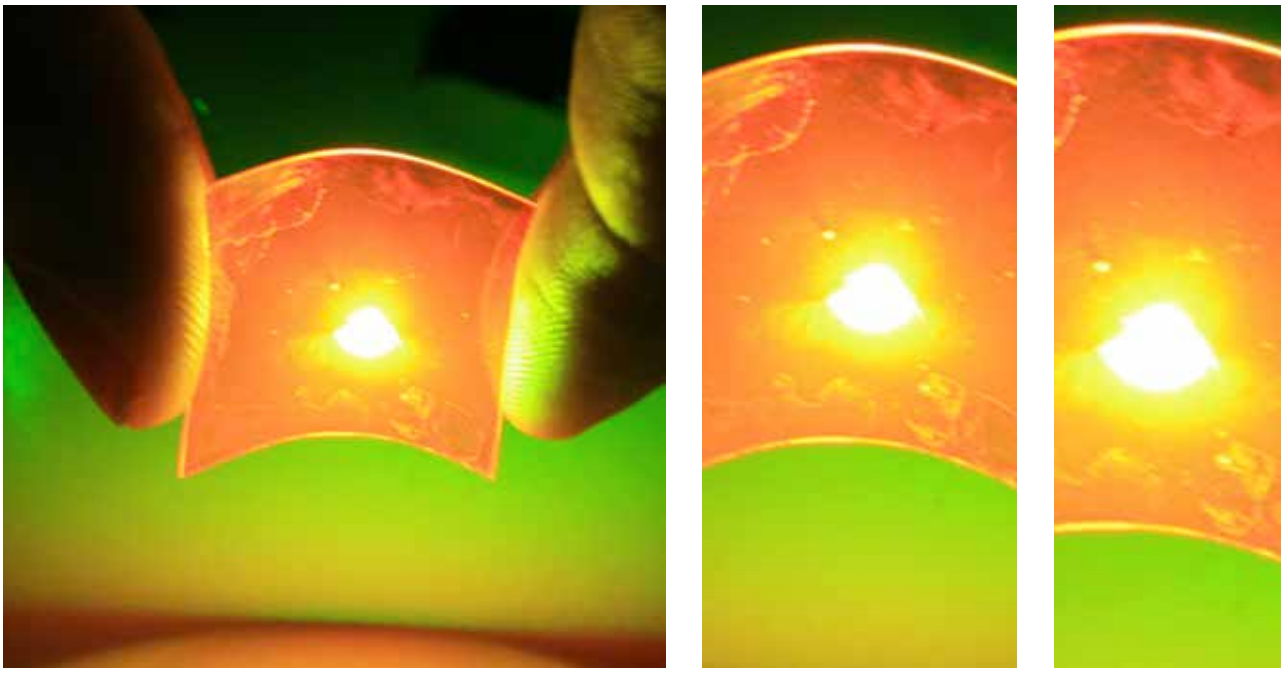
2 Per maggiori dettagli sui metodi e sui risultati della ricerca, si rimanda al documento integrale citato in Bibliografia.

Con riferimento all'attività della Fondazione, vale anche la pena di menzionare che gli esiti dell'analisi di anticipazione tecnologica hanno avuto un impatto significativo sulla programmazione dell'attività erogativa degli anni successivi. Nel medesimo periodo di attività del Bando Materiali avanzati, infatti, la stessa area è stata oggetto di contributi e finanziamenti anche attraverso altri strumenti erogativi. A titolo esemplificativo, è possibile ricordare il Bando Reclutamento internazionale, volto a reclutare ricercatori stranieri e a formare *team* di giovani ricercatori locali; questo strumento erogativo è partito sperimentalmente nel 2004 proprio nell'area dei materiali avanzati e, solo successivamente, ha trovato applicazione in altri campi di ricerca. Oltre a ciò, nel contesto del Bando Capitale umano, sono stati avviati percorsi di dottorato e progetti di internazionalizzazione che hanno coinvolto istituzioni attive nel settore dei materiali avanzati. Infine, il fondo TTVenture per il trasferimento tecnologico ha avuto proprio nell'area dei materiali avanzati un ambito strategico di attività; tra gli investimenti realizzati figura infatti quello in Directa Plus, società attualmente quotata alla borsa di Londra che produce dispositivi a base di grafene. É ragionevole ipotizzare che la presenza concomitante di più iniziative a beneficio della medesima comunità di riferimento abbia agito in maniera sinergica moltiplicando e potenziando le opportunità di crescita e sviluppo del settore. Poiché appare difficile valutare tali contaminazioni da un punto di vista quantitativo, in questo Quaderno si è scelto di analizzare unicamente i risultati dei progetti finanziati dal Bando Materiali avanzati.

1.2. Evoluzione del Bando

Ripercorrendo le undici edizioni del Bando, si ravvisa una sostanziale omogeneità negli obiettivi e nelle strategie di intervento. Lo strumento erogativo, in sintesi, si proponeva di finanziare ricerca applicata nel campo della scienza dei materiali, favorendo un approccio multidisciplinare nella realizzazione delle iniziative. Particolare attenzione era riservata all'impatto previsto sul contesto scientifico, economico e sociale e all'autorevolezza e competenza dei *team* di ricerca. Ai proponenti era chiesto di rispettare il vincolo della pre-competitività, ovvero le richieste di contributo dovevano provenire da centri di ricerca pubblici o privati *nonprofit* – soggetti eleggibili per la Fondazione – non prevedere collaborazioni con aziende, né sviluppare conoscenze e tecnologie che potessero andare a vantaggio di una particolare impresa identificata a priori. Nel rispetto della normativa che regola l'attività delle fondazioni di origine bancaria[3], si incentivava la creazione di precondizioni (conoscenze tecnico-scientifiche e disponibilità di capitale umano qualificato) per lo sviluppo di tecnologie abilitanti che, in un'ottica di medio periodo, potessero sostenere la competitività dell'intero sistema produttivo lombardo. Particolarmente sfidante in tale direzione era la richiesta di inserire nei progetti giovani ricercatori da preparare alla ricerca accademica e industriale; nelle ultime edizioni del Bando, questo orientamento è stato ancor più rafforzato e la Fondazione, in linea con le proprie scelte di programmazione strategica, ha premiato quei progetti che coinvolgevano i giovani anche in posizioni di responsabilità e prevedevano specifiche attività formative a loro vantaggio. Nel Bando, inoltre, si indicavano chiaramente le famiglie tecnologiche in cui proporre progetti di ricerca; nelle prime edizioni, tali famiglie coincidevano perfettamente con quelle indagate nel Progetto RISE, ovvero: compositi a matrice ceramica, compositi a matrice metallica, compositi a matrice polimerica, materiali innovativi per componenti elettronici per le telecomunicazioni e materiali micro e nanostrutturati. Nel 2007, è stata introdotta la famiglia dei materiali innovativi per componenti biomedicali, ridefinita dall'anno

3 Legge 23 dicembre 1998, n. 461 e Decreto legislativo 17 maggio 1999, n. 153.



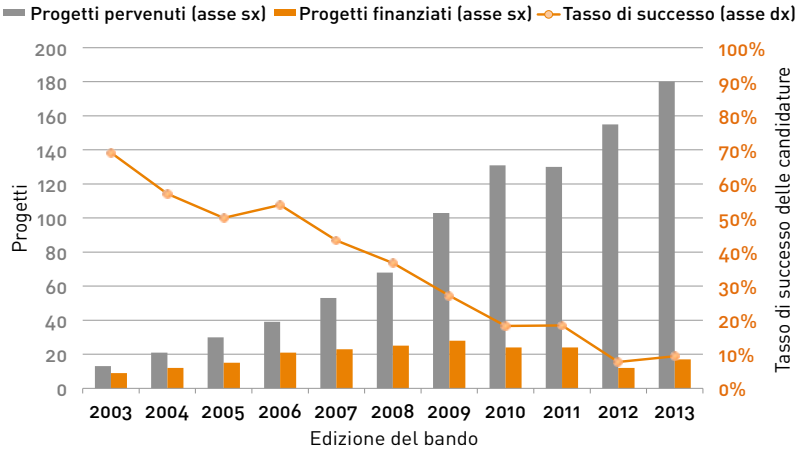
Laser Flessibile – Foto di Scotognella F., Monguzzi A., Meinardi F.

successivo in materiali innovativi per dispositivi e sistemi biomedicali. Nel 2008, il Bando ha voluto esplicitamente sostenere altre due famiglie tecnologiche: i materiali innovativi per applicazioni energetico-ambientali e i materiali innovativi per la conservazione del patrimonio artistico e monumentale[4]. Nel 2009, sono stati poi inseriti: i materiali biologici o biomimetici, i materiali per applicazioni strutturali e funzionali e la scienza dei materiali computazionale e fisica dello stato solido. Nello stesso anno, sono anche state meglio precisate le aree dei materiali per dispositivi e applicazioni elettroniche, ottiche e magnetiche e le nanotecnologie, i nanodispositivi e i nanomateriali. Questi cambiamenti, che hanno consentito al Bando di rimanere allineato all'evoluzione dello stato dell'arte, sono stati indotti dagli orientamenti dell'organo di indirizzo della Fondazione, dai suggerimenti dei valutatori internazionali ingaggiati nel processo di selezione dei progetti e, soprattutto, dai *trend* internazionali di sviluppo del settore. Confrontando le diverse formulazioni dei testi del Bando, emerge, in particolare, la volontà di considerare il materiale sempre più come una tecnologia abilitante, funzionale allo sviluppo di dispositivi e sistemi anche a vantaggio di altri settori disciplinari; tale orientamento, peraltro, è comune con quello dei programmi di Horizon2020 finanziati dalla Commissione Europea. Con riferimento alla dotazione finanziaria, nelle prime edizioni il *budget* del Bando ammontava a €3 milioni; successivamente, anche a seguito di un forte incremento della propositività delle organizzazioni, è stato innalzato a €5 milioni per poi diminuire negli ultimi anni, parallelamente alla generale contrazione dei volumi erogativi della Fondazione.

Nella figura 1.1 si rappresenta l'evoluzione del Bando in termini di progetti pervenuti, finanziati e tasso di successo. L'incremento costante e pressoché lineare delle proposte presentate può essere spiegato sulla base di diversi fattori, tra i quali spicca la sempre migliore conoscenza dello strumento da parte della comunità di riferi-

4 Quest'ultima famiglia è stata indicata solo in tre edizioni del Bando.

Figura 1.1 – Evoluzione dei progetti pervenuti e finanziati e del tasso di successo delle candidature (2003-2013)



Fonte: Delibere di erogazione contributi 2003-2013

mento, in parte dovuta anche all'impegno crescente della Fondazione nel comunicare le proprie iniziative e linee erogative. Inoltre, si è assistito negli anni a un potenziamento della comunità scientifica attiva nel settore. L'aumento dei progetti presentati si è ragionevolmente accompagnato anche a una riduzione dei tassi di successo delle richieste di contributo che, nel corso delle ultime edizioni del Bando, si sono attestati al di sotto del 10%. La presenza di una competizione sempre più accentuata ha giustificato quindi un affinamento progressivo delle procedure di selezione così come descritto nel paragrafo successivo.

1.3. Selezione dei progetti

Il processo di selezione del Bando Materiali avanzati, come per tutti i bandi con scadenza della Fondazione, prevedeva un'istruttoria formale e una di merito. Nella prima fase di selezione, gli Uffici della Fondazione esaminavano la completezza della documentazione pervenuta, l'ammissibilità degli enti proponenti[5] e la coerenza dei progetti con l'obiettivo e le linee guida del Bando. Nel caso dei Materiali avanzati, sono stati considerati coerenti i progetti di ricerca che prevedevano attività di sintesi, sviluppo, preparazione o caratterizzazione di nuovi materiali.

Sui progetti ammessi alla selezione di merito, l'esame considerava i criteri stabiliti annualmente dal Consiglio di Amministrazione su proposta dell'organo di indirizzo e specificati nel testo del Bando. Nel caso degli strumenti erogativi dell'Area Ricerca, in analogia a quanto avviene nelle migliori agenzie che si occupano del finanziamento alla ricerca, tale attività è svolta con il contributo di revisori esterni indipendenti, nel

5 Sono considerati ammissibili al contributo della Fondazione Cariplo gli enti senza fini di lucro siti nel territorio di riferimento (Lombardia e province di Novara e del Verbano-Cusio-Ossola). Nel caso dei bandi dell'Area Ricerca, il vincolo della territorialità riguarda unicamente l'organizzazione capofila e possono essere ammessi al contributo anche partner localizzati al di fuori del territorio di intervento. Per maggiori dettagli sull'ammissibilità degli enti si rimanda alle "Linee Guida" dei bandi pubblicate sul sito internet www.fondazionecariplo.it.

rispetto del principio della valutazione tra pari (*peer review*)[6]. Si tratta, infatti, di una metodologia universalmente accettata dalla comunità scientifica e posta a garanzia non solo della distribuzione meritocratica dei finanziamenti ma, soprattutto, dell'avanzamento della conoscenza mediante l'accesso all'istituto della pubblicazione su rivista. In Fondazione Cariplo, l'identità dei revisori ingaggiati nei processi di selezione è abitualmente mantenuta anonima, al fine di evitare qualsivoglia pressione e contaminazione[7]. Il Consiglio di Amministrazione, inoltre, ha stabilito di remunerare il lavoro svolto dagli esperti esterni fissandone il compenso di volta in volta, sulla base dell'intensità del lavoro loro richiesto[8].

Dopo le prime tre edizioni del Bando, nelle quali il ricorso a esperti esterni è avvenuto in maniera sporadica, in casi di particolare necessità, nel 2006 si è proceduto a costituire un *panel* di revisori indipendenti arruolando cinque scienziati italiani che esercitavano da più di cinque anni la loro attività di ricerca presso importanti centri di ricerca esteri. Dall'anno successivo, il *panel* si è dotato anche di professionisti stranieri e, nell'ultima edizione, solo il 4% dei revisori reclutati aveva origini italiane. Tutti i revisori reclutati nelle diverse edizioni del Bando erano professori universitari o responsabili di unità presso prestigiosi centri di ricerca internazionali; vista la natura applicativa dei progetti da valutare, nella scelta dei profili si sono privilegiati i ricercatori con un ampio portafoglio di brevetti, con esperienza di trasferimento tecnologico verso il sistema delle imprese o coinvolti nella costituzione di *start-up*.

La distribuzione dei revisori secondo i paesi di attività (figura 1.2) mostra l'ampia prevalenza di revisori attivi nelle università e nei laboratori statunitensi. La scelta di rivolgersi prioritariamente a questo bacino di competenza non è casuale: da un lato, gli Stati Uniti vantano centri di eccellenza nelle aree di attività del Bando; dall'altro, i programmi di finanziamento sulla scienza dei materiali promossi dalla National Science Foundation (NSF) – un'agenzia governativa degli Stati Uniti che sostiene la ricerca e la formazione di base in tutti i campi non-medici della scienza e dell'ingegneria – hanno tradizionalmente costituito un punto di riferimento per il Bando della Fondazione, nonché una preziosa riserva di "cervelli" cui attingere. Nelle diverse edizioni del Bando sono stati quindi reclutati moltissimi revisori detentori di finanziamenti NSF, nonché ricercatori presenti nei loro comitati scientifici. La scelta di avvalersi di revisori d'oltreoceano è stata anche effettuata per evitare possibili conflitti di interessi tra valutati e *referee*, specie nei casi di partecipazione ai bandi della Commissione Europea.

Indipendentemente dalla nazionalità e dal paese in cui esercitano la propria attività di ricerca, tutti i revisori esterni reclutati dagli Uffici della Fondazione devono rispettare regole e procedure appositamente definite per escludere conflitti di interesse[9], pregiudizi ideologici, pressioni personali e autoreferenzialità. Tali procedure sono state oggetto di discussione con altre agenzie di finanziamento che operano nel settore

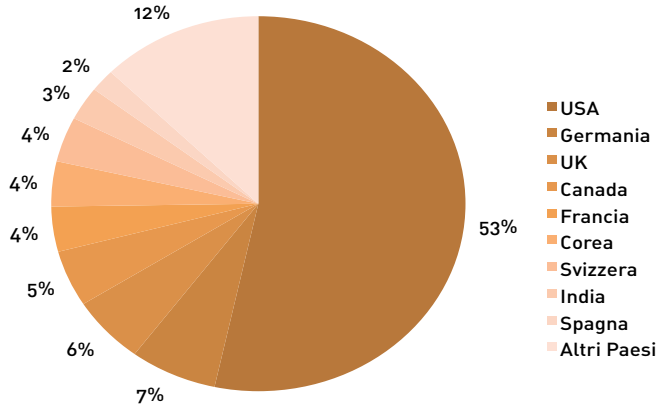
6 Per maggiori informazioni sull'opportunità di basare la selezione sulla valutazione tra pari e sui diversi sistemi di *peer review* utilizzati in Fondazione Cariplo, si rimanda a Canino *et al.* (2011).

7 La Fondazione Cariplo rende nota l'identità dei revisori unicamente in programmi non continuativi nei quali gli esperti rimanevano in carica anche nel monitoraggio in itinere dei progetti finanziati, ad esempio, il Progetto NOBEL nel settore della biomedicina o il Premio Ricerca di Frontiera nel settore della chimica.

8 Nel bilancio annuale, per ciascuno strumento erogativo, sono riportate in forma aggregata le spese connesse con le attività di referaggio.

9 La Fondazione Cariplo chiede ai revisori esterni di aderire a un codice etico che disciplina i conflitti di interesse e obbliga alla riservatezza delle informazioni contenute nei progetti di ricerca e delle relative valutazioni. Nell'ambito del Bando Materiali avanzati, ciascun revisore ha certificato l'assenza di conflitti di interesse con ciascun progetto assegnato.

Figura 1.2 – Provenienza dei revisori per Paese di impiego



Fonte: Edizione 2013 del Bando

della ricerca[10] e hanno alimentato anche un dibattito in seno all'Associazione delle Fondazioni e Casse di risparmio (ACRI) nell'ambito della Commissione Ricerca. L'esito di tale confronto è stata la predisposizione di linee guida per l'allocazione dei fondi nel settore della ricerca, che stabilisce alcuni requisiti per l'applicazione del principio della valutazione tra pari[11]. Si tratta in particolare dell'indipendenza e della terzietà di giudizio, dell'imparzialità, della competenza e rappresentatività, della pluralità di giudizio, del vincolo di riservatezza, della trasparenza, del *turnover* e del diritto al *feedback*.

Con riferimento a quest'ultimo requisito, è interessante ricordare che, proprio con l'edizione 2006 del Bando Materiali avanzati, la Fondazione ha sperimentato la pratica di trasmettere in forma integrale i giudizi degli esperti esterni ai proponenti. Tale attività, realizzata con il duplice obiettivo di motivare professionalmente la decisione sulla concessione del contributo e fornire suggerimenti utili per migliorare la progettualità, è parsa fin da subito molto utile e gradita ai ricercatori tanto che dal 2007 è diventata una costante per tutti i bandi dell'Area Ricerca. In tal modo, la Fondazione ha ribadito l'interesse ad attivare meccanismi di selezione competitivi, meritocratici e aperti al confronto internazionale e la disponibilità a confrontarsi sui contenuti.

Con riferimento al principio della competenza e rappresentatività, nell'ambito delle diverse edizioni del Bando Materiali avanzati, gli Uffici della Fondazione hanno cercato di affidare ciascun progetto al valutatore più adatto acquisendo in fase di candidatura alcune informazioni volte a minimizzare gli errori di assegnazione. È stato quindi richiesto ai proponenti di indicare sia le parole chiave che meglio rappresentassero il contenuto del loro progetto o le metodologie di ricerca, sia di selezionare

10 A titolo esemplificativo e non esaustivo, si citano i confronti avvenuti con Fondazione Telethon e con AIRC nell'ambito di alcuni seminari sul tema della valutazione e nel corso della gestione di programmi di finanziamento congiunto. A livello internazionale, invece, nell'ambito dell'*European Forum on Philanthropy and Research Funding*, si è stabilito un dialogo fruttuoso con *The Wellcome Trust*, *Lundbeck Foundation* e *Volkswagen Foundation*.

11 Le "Linee guida per la valutazione dei progetti e per l'utilizzo dello strumento dei bandi nel settore della ricerca" sono state approvate dal Consiglio ACRI il 20 maggio 2009.

alcune specifiche aree di referaggio. L'identificazione delle aree di referaggio ha quindi permesso di *clusterizzare ex ante* i progetti così da favorire anche la valutazione comparativa di progetti simili.

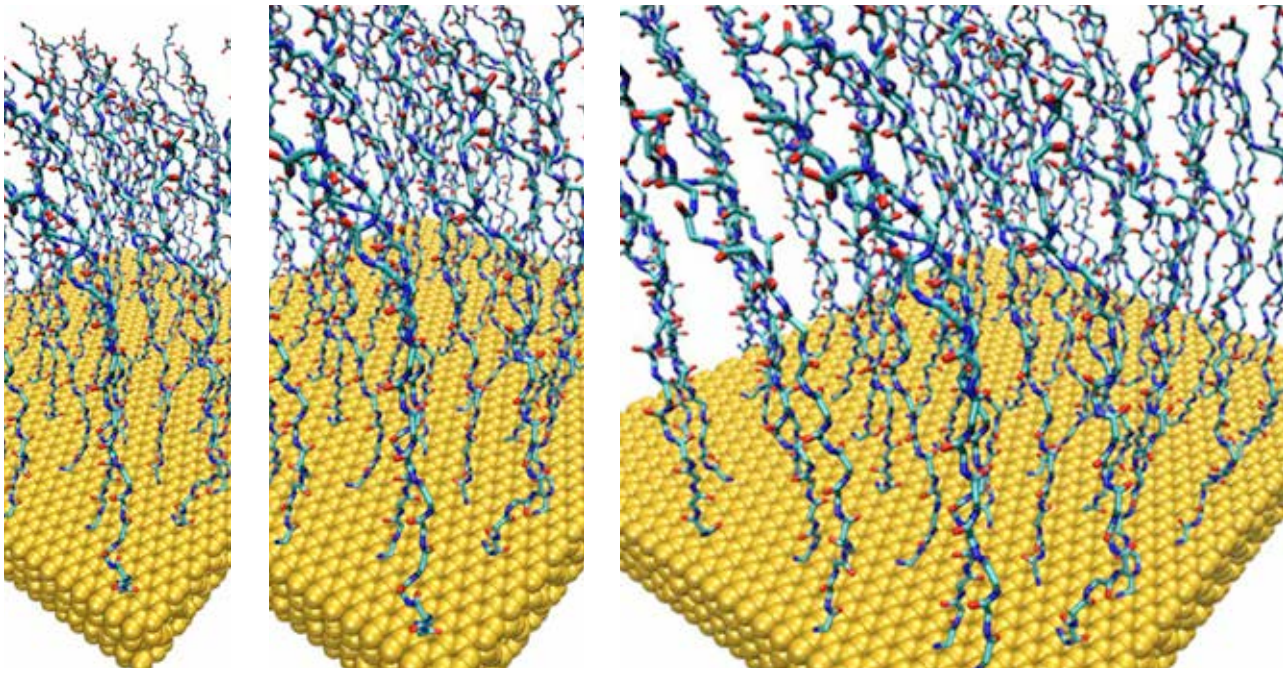
I revisori esterni hanno prodotto le loro valutazioni lavorando remotamente, esaminando i progetti e compilando la propria scheda di valutazione direttamente in un'area riservata del sito internet della Fondazione protetta da *password*. Ai 3 revisori individuati per ciascun progetto veniva chiesto innanzitutto di esprimere il proprio parere in merito alla coerenza della proposta con il Bando. Gli esperti, infatti, potevano riscontrare incoerenze non evidenziate dagli Uffici nella fase di istruttoria formale grazie a una lettura approfondita dei progetti di dettaglio e, in tal caso, non esprimevano giudizi in merito agli altri criteri di valutazione. Se il progetto conseguiva una valutazione di incoerenza da parte di almeno due revisori su tre, il punteggio finale veniva automaticamente posto pari a 0. Se il progetto risultava coerente, invece, i valutatori indipendenti erano chiamati a esprimere un giudizio numerico (in una scala da 1=insufficiente a 4=eccellente) e un'argomentazione scritta in corrispondenza dei diversi criteri di valutazione. A ciascun criterio era attribuito un peso differente per la determinazione del punteggio complessivo (tabella 1.1).

Tabella 1.1 – Criteri di valutazione del Bando Materiali avanzati (edizione 2013)

Descrizione	Completezza ed efficacia della presentazione, adeguata analisi dello stato dell'arte e della tecnica	5%
Significatività	Rilevanza del tema indagato e valore aggiunto della ricerca rispetto agli obiettivi del Bando e al contesto di ricerca internazionale	20%
Approccio sperimentale	Adeguatezza, completezza e dettaglio del piano di lavoro e delle metodologie proposte	20%
Innovazione	Originalità nelle metodologie o nel materiale studiato	10%
Ricadute sul sistema economico	Potenzialità applicative del materiale studiato	15%
Organizzazione e team	Adeguatezza delle organizzazioni proponenti, *curriculum* dei membri del team di ricerca e sinergie tra i componenti del partenariato	10%
Giovani	Coinvolgimento di giovani ricercatori in posizioni di responsabilità e/o capacità del progetto di creare occasioni di crescita professionale	10%
Piano economico e durata*	Adeguatezza e coerenza del piano economico e della tempistica	10%

Nota: (*) Si precisa che la valutazione del piano economico e della durata è data dal giudizio sull'adeguatezza a cura dei revisori esterni e dal giudizio di coerenza espresso dagli Uffici della Fondazione. La prima componente determina il 60% del giudizio del piano economico ed è calcolata come media aritmetica dei giudizi espressi dai tre revisori, la seconda componente determina il rimanente 40%.

Ai revisori esterni era inoltre richiesto di fornire un commento complessivo sul progetto di ricerca e di indicare eventuali suggerimenti per i proponenti. Il punteggio finale di ciascun progetto era espresso in centesimi e veniva calcolato dalla somma



Modello di substrato innovativo e aptameri per lab-on-chip – Foto di Gautieri A.

delle medie aritmetiche[12] dei giudizi espressi dai tre esperti su ciascun criterio, ponderate per il peso del criterio stesso. Perché un progetto raggiungesse i primi posti nella graduatoria, accedendo così al finanziamento, doveva accadere che tutti e tre i revisori coinvolti nella valutazione fossero convinti della sua bontà e che i punteggi assegnati si avvicinassero all'eccellenza per ciascun criterio. In caso di forti discordanze di giudizio, era comunque prevista la possibilità di acquisire maggiori dettagli al fine di meglio circostanziare le valutazioni e pervenire a un giudizio di sintesi. Tale procedura prevedeva che ogni *referee* ricevesse in forma anonima i giudizi e le argomentazioni dei suoi pari avendo la possibilità di confermare i propri giudizi, argomentandoli più in dettaglio, oppure di modificarli[13]. Qualora, anche a seguito dell'attivazione di tale procedura, le discordanze non fossero state superate, si ricorreva a un quarto revisore, normalmente scelto tra i ricercatori internazionali più quotati nell'ambito specifico del progetto oppure tra i valutatori di passate edizioni del Bando. Questo, dopo aver visionato anche le valutazioni degli altri revisori, esprimeva un parere definitivo sulla proposta. La graduatoria di merito risultante veniva poi direttamente[14] presentata al Consiglio di Amministrazione della Fondazione che deliberava i contributi per i progetti migliori fino all'esaurimento dei fondi allocati.

Esaminando le diverse edizioni del Bando, è possibile identificare una sorta di *identi-kit* dei progetti proposti al contributo: i progetti selezionati presentavano tipicamente approcci di ricerca integrati, combinando al loro interno sia studi teorici sia attività

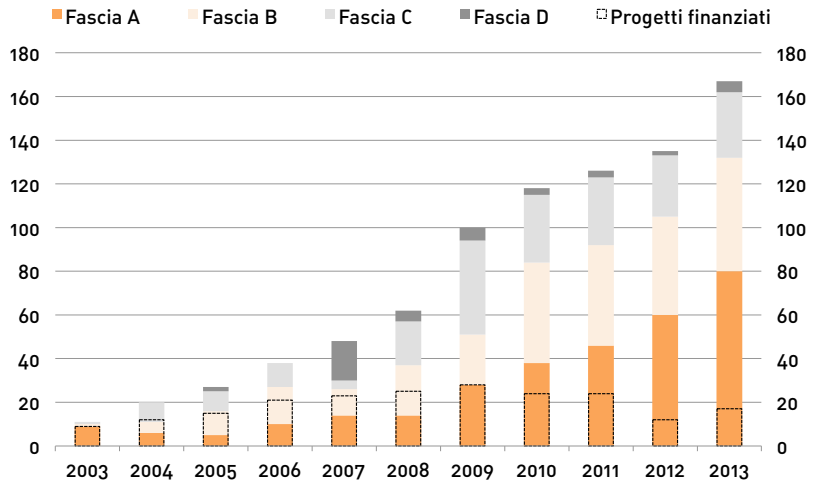
12 In alcune edizioni del Bando anziché calcolare la media aritmetica dei giudizi dei tre esperti, si è preferito calcolare la media ponderata in base al grado di confidenza dichiarato dal singolo revisore sulla tematica oggetto della richiesta di finanziamento.

13 Nelle diverse edizioni del Bando, circa il 30% dei progetti è stato sottoposto a questa procedura.

14 Come per altri Bandi della Fondazione, il metodo adottato non prevedeva il *consensus meeting*. Per una trattazione esaustiva delle ragioni alla base di tale scelta si rimanda a Canino *et al.* (2011).

sperimentali, utilizzavano metodologie solide e affidabili, si focalizzavano sulla risoluzione di problemi concreti ed erano presentati da *team* multidisciplinari, capaci di combinare diverse competenze e approcci di ricerca. Diversamente, le principali criticità rinvenute nei progetti non ammessi al contributo riguardavano la mancanza di dettagli tecnici nella descrizione, la scarsa conoscenza dello stato dell'arte, la presenza di problematiche relative all'approccio sperimentale proposto, l'inadeguatezza del *team* proponente e, soprattutto, l'assenza di una chiara indicazione del valore aggiunto del progetto, sia rispetto allo stato dell'arte, sia nei confronti delle possibili ricadute applicative. Nel complesso, comunque, i progetti candidati sul Bando Materiali avanzati nelle diverse edizioni sono da considerarsi di qualità medio-alta così come emerge dalla figura 1.3 che riporta la distribuzione dei progetti nelle fasce di merito[15] per tutte le undici edizioni del Bando.

Figura 1.3 – Andamento della distribuzione dei progetti valutati per fascia di merito (anni 2003-2013)



Fonte: Delibere di erogazione contributi 2003-2013

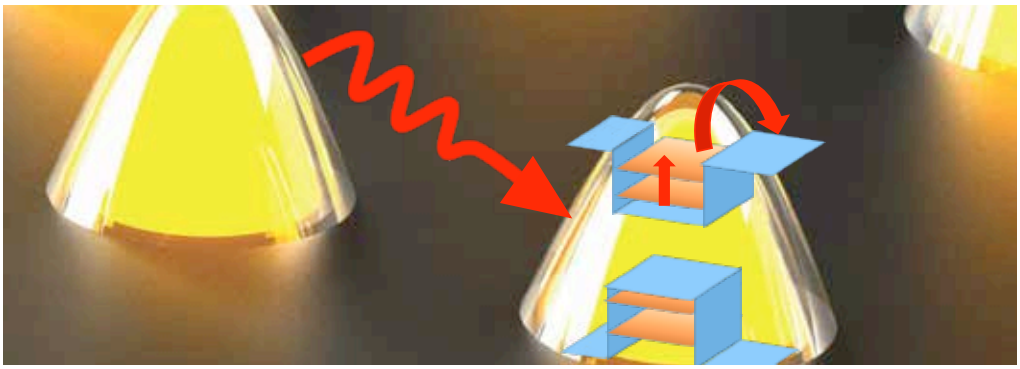
Anche i valutatori internazionali si sono più volte espressi a favore della qualità dei progetti presentati e, a titolo esemplificativo, vengono qui proposti due commenti raccolti dagli Uffici della Fondazione:

> *"Ho appena finito di sottomettere le mie schede di valutazione e vorrei approfittare dell'occasione di questa e-mail per dare un mio giudizio complessivo dei progetti di ricerca che mi sono stati assegnati. In generale si è trattato di progetti di grande qualità, originalità e con una discreta connessione con il mondo delle imprese e la realtà economica della Lombardia. Devo confessare che ho avuto una certa difficoltà nella valutazione critica, data la qualità media molto alta. Nella maggior parte si tratta di proposals che sarebbero competitive a livello internazionale. In qualità di reviewer per la National Science Foundation, il Department of Energy, e il Center for Nanomaterials*

15 Le fasce di merito sono così stabilite: fascia D, progetti da 0 a 49,9 punti; fascia C, progetti da 50 a 69,9 punti; fascia B, progetti da 70 a 79,9; fascia A, progetti da 80 a 100.

Sciences at Oak Ridge National Laboratory, sono in una posizione privilegiata e posso fornire una valutazione comparativa. Il mio giudizio è ottimo."

"I definitely have noticed that the overall quality of the proposals is very high this year. I did have to somewhat re-calibrate myself to be more critical with my scores in this cycle. I think this improvement in quality is a reflection on the improvement of the scientific environment, and I believe it is indicative of the impact that Cariplo is having on the community. It is wonderful to see the commitment to materials science, and I think Cariplo staff should be proud of the impact that they are having."



2

Sensori di luce infrarossa basati su "dot" nanometrici in materiale semiconduttore capaci di assorbire radiazioni, sviluppati nell'ambito del Progetto Eidos – Foto di Isella G.

2. I RISULTATI DEI PROGETTI FINANZIATI

2.1. Quadro di sintesi

Le analisi presentate in questo e nel prossimo capitolo sono state svolte sui dati raccolti con i questionari Ren.de.re. della Fondazione che raccolgono informazioni dettagliate sulle attività realizzate dai progetti finanziati nelle diverse edizioni del Bando Materiali avanzati[16]. In particolare, le informazioni qui riportate riguardano 186 progetti per i quali è pervenuta una rendicontazione (a saldo o parziale) entro il 1° maggio 2016 e sono state integrate con approfondimenti specifici realizzati su alcuni progetti identificati come emblematici alla luce dei risultati raggiunti.

L'analisi è da giudicarsi significativa in quanto i progetti oggetto di studio corrispondono all'89% di quelli finanziati, al 91% di quelli conclusi alla data di rilevazione, al 92% di quelli rendicontati e nel complesso coprono l'88% del valore deliberato. (tabella 2.1).

Sulla base delle dichiarazioni raccolte attraverso i questionari, è stato innanzitutto possibile esaminare il contesto di partenza dei progetti e il probabile scenario se il finanziamento non fosse stato erogato. Nel 68% dei casi, così come emerge dalla figura 2.1, i ricercatori hanno affermato che possedevano già un'idea che è stata trasformata in proposta progettuale per rispondere al Bando. Circa gli scenari alternativi, il 66% degli intervistati sostiene che, in assenza di contributo, avrebbe cercato altri finanziamenti mentre il 22% ammette che non avrebbe probabilmente realizzato il proprio progetto di ricerca.

Nella tabella 2.2. vengono invece proposti in forma aggregata i principali risultati conseguiti dai progetti analizzati. Come si può notare, sono state prodotte complessivamente 1.371 pubblicazioni scientifiche e si sono generate 1.731 partecipazioni a convegni scientifici. In 140 casi, i risultati dei progetti sono stati anche oggetto di divulgazione al largo pubblico mediante interviste o articoli apparsi su vari mezzi di

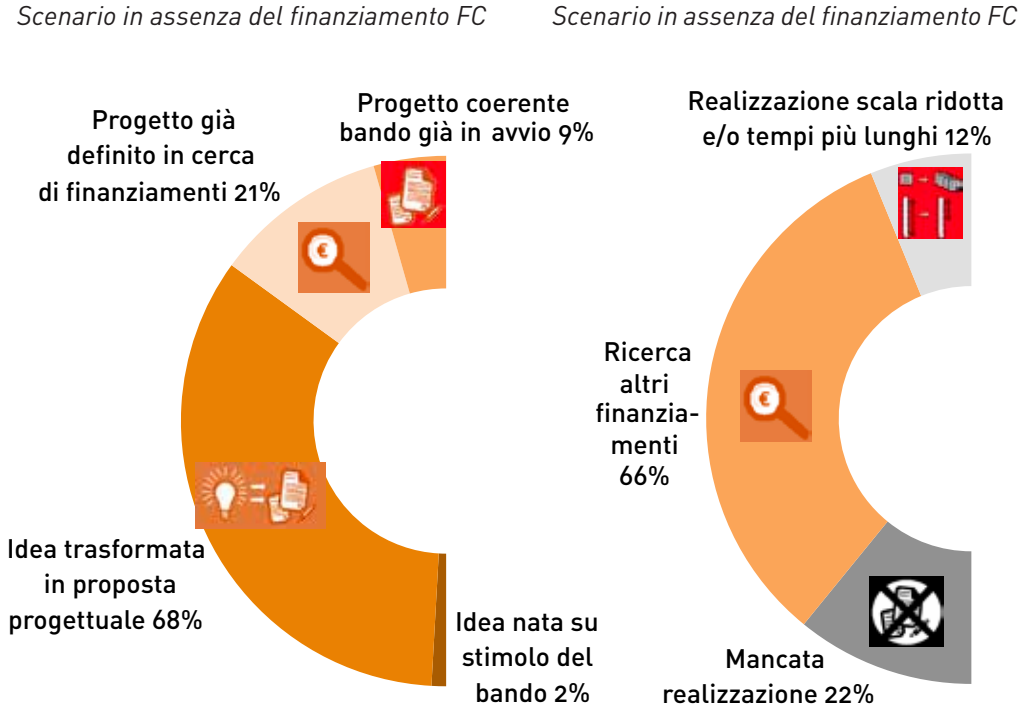
16 È opportuno rilevare che, a partire dall'anno 2012, la compilazione del questionario Ren.de.re. (rendicontazione delle realizzazioni) ha sostituito la rendicontazione scientifica di progetto permettendo alla Fondazione di acquisire informazioni approfondite e omogenee per tutti i progetti finanziati.

Tabella 2.1 – Rappresentatività dei dati raccolti

	Totale
Progetti pervenuti	923
Progetti finanziati	210
Contributi deliberati (€)	42.311.269
Progetti rendicontati	203
Progetti conclusi	186
Questionari raccolti	209
Progetti mappati	186
Contibuti erogati (€)	37.130.436
Rappresentatività dei progetti mappati	
% su totale progetti finanziati	89%
% su totale progetti conclusi	91%
% su totale progetti rendicontati	92%
% su totale (in euro) contributi deliberati	88%

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Figura 2.1 – Contesto di partenza dei progetti e scenario alternativo in assenza di finanziamento



Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Tabella 2.2 – Quadro di sintesi dei principali risultati del bando

	Progetti conclusi	Progetti in corso	Totale
Progetti analizzati (n.)	169	17	186
Contributi (€)	32.843.527	4.286.909	37.130.436
Costo totale dei progetti (€)	66.011.691	6.203.908	72.215.599
Pubblicazioni su riviste scientifiche peer reviewed (n.)	1.217	154	1.371
Partecipazioni a convegni scientifici	1.525	206	1.731
Interventi divulgativi sui mass-media	129	11	140
Prodotti in brevettazione	23	2	25
Progetti con avviamento trasferimento tecnologico (n.)	46	n.d.*	46
Progetti condotti da Referente Scientifico Under 40 (n.)	31	9	40
Ricercatori inseriti (ETP)	337	n.d.*	337
Progetti in partnership (% di progetti)	78	71	77
Partner coinvolti (n.)	245	22	267
Partner stranieri (% di partner)	17	5	16
Finanziamenti raccolti grazie al progetto (n.)	87	n.d.*	87
Importo dei finanziamenti raccolti (€)	23.577.034	n.d.*	23.577.034

*Nota: * informazione richiesta solo nella relazione di saldo*

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

comunicazione. Inoltre, sono stati rilevati 25 prodotti in brevettazione e 46 progetti con un percorso di trasferimento tecnologico avviato. La realizzazione dei progetti ha consentito l'inserimento di circa 340 ricercatori equivalenti a tempo pieno e ha permesso di raccogliere ulteriori finanziamenti per più di €23 milioni.

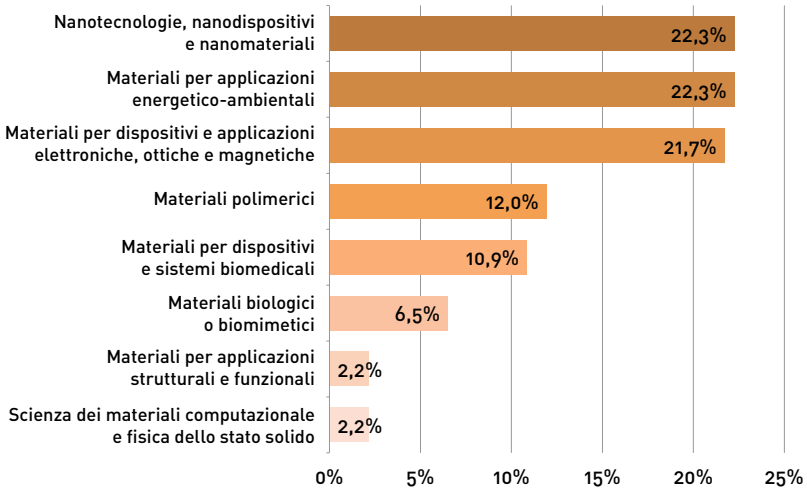
2.2. Caratteristiche dei progetti analizzati

Mediamente, i progetti analizzati hanno ottenuto un contributo di circa €200.000, apportando un cofinanziamento medio di €190.000. Il 76% degli interventi è stato realizzato in *partnership* da gruppi di ricerca con competenze complementari e sinergiche. I progetti hanno coinvolto in media 1,5 *partner* (267 in tutto, 43 dei quali stranieri).

Nella figura 2.2 è rappresentata la numerosità dei progetti relativi alle diverse famiglie tecnologiche così come specificate nelle ultime edizioni del Bando; si rileva che oltre il 65% dei progetti analizzati appartiene a tre sole categorie: nanotecnologie, nanodispositivi e nanomateriali, materiali per applicazioni energetico-ambientali e materiali per dispositivi e applicazioni elettroniche, ottiche e magnetiche. Questo posizionamento appare coerente e allineato alle specificità del sistema produttivo locale.

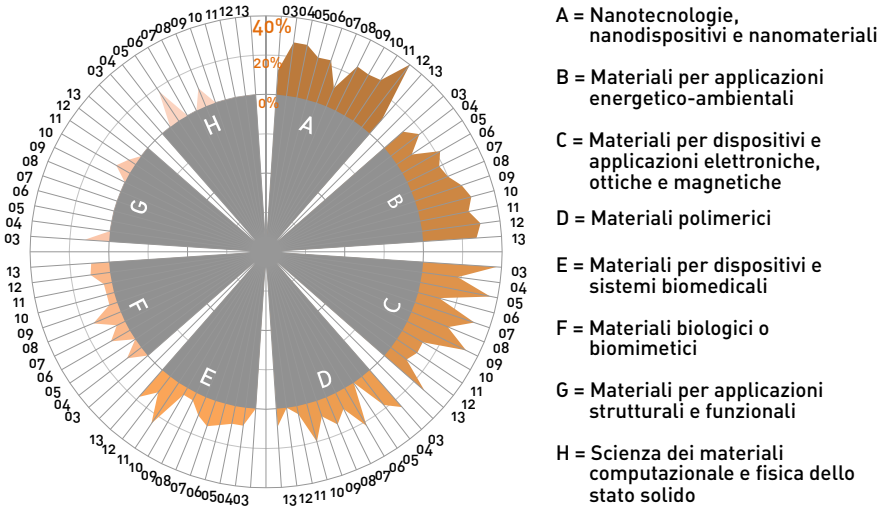
Nella figura 2.3 è invece riportata l'evoluzione dell'incidenza delle famiglie tecnologiche per edizione del Bando; benché le tre famiglie più rappresentative siano sempre presenti, è possibili rilevare variazioni anche significative rispetto all'incidenza sulle singole edizioni del Bando e questo come conseguenza della qualità dei progetti presentati e dell'andamento dei processi di selezione.

Figura 2.2 – Famiglia tecnologica del progetto per obiettivo principale



Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

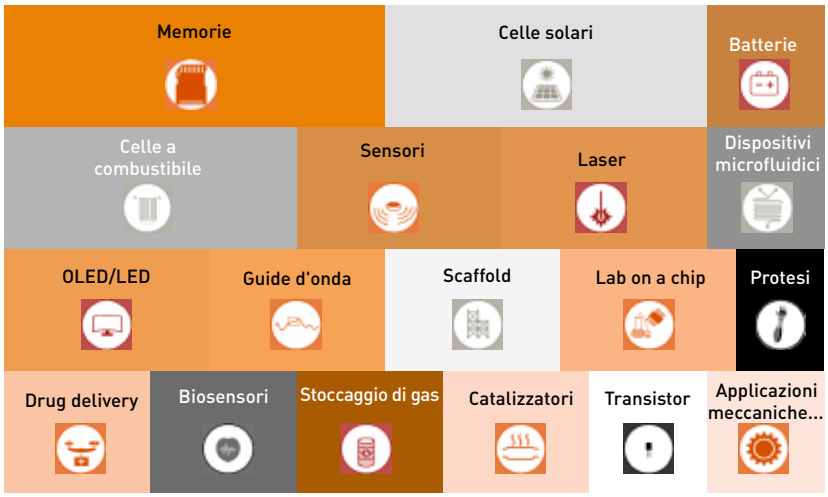
Figura 2.3 – Evoluzione dell'incidenza delle famiglie tecnologiche per edizione del bando



Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Con riferimento agli ambiti applicativi, nella figura 2.4 sono rappresentati i dispositivi studiati. La dimensione della scritta e del rettangolo sul quale è posizionata sono proporzionali alla numerosità dei progetti che hanno analizzato quel particolare dispositivo o che hanno sviluppato prototipi dello stesso. I risultati che emergono sono coerenti con le famiglie tecnologiche più rappresentative precedentemente identificate. In particolare, è possibile affermare che la maggior parte dei progetti analizzati ha studiato nuovi materiali per memorie elettroniche, magnetiche e ottiche, spesso su scala nanometrica. Al secondo posto, si collocano invece le celle solari, immediatamente seguite dalle celle a combustibile, entrambe incluse nella famiglia tecnologica dei materiali per applicazioni energetico-ambientali.

Figura 2.4 – Oggetto delle ricerche finanziate

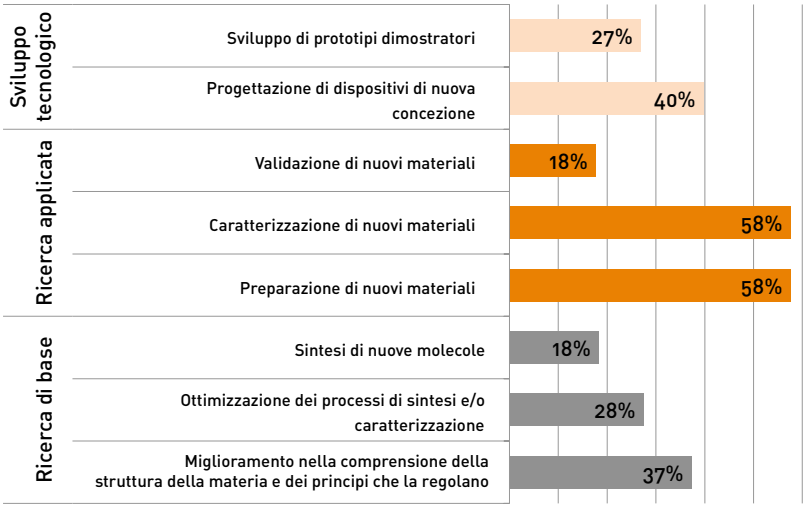


Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Nella figura 2.5 sono invece classificati i progetti sulla base dei risultati scientifici conseguiti in relazione allo stadio della ricerca (ricerca di base, applicata e sviluppo tecnologico). I principali contributi riguardano la preparazione e la caratterizzazione di nuovi materiali, perfettamente in linea con il *focus* del Bando. Sul versante della ricerca di base, appare invece interessante rilevare che ben il 37% dei progetti analizzati ha conseguito miglioramenti nella comprensione della struttura della materia mentre, sul versante dello sviluppo tecnologico, il 40% dei progetti ha sviluppato un dispositivo di nuova concezione e il 27% è arrivato addirittura a ingegnerizzare un prototipo dimostratore.

Il box 1 riporta l'esempio di un progetto che ha conseguito importanti risultati sul versante della ricerca di base, applicata e dello sviluppo tecnologico.

Figura 2.5 – Principali risultati scientifici raggiunti per stadio della ricerca



Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Box 1 – Risultati scientifici per stadio della ricerca

Il progetto "Thermal nanoscale reduction of graphene oxide for graphene nanoelectronic devices and circuits" (rif. 2011-0373 contributo €143.000) ha permesso al gruppo del Professor Roman Sordan del Politecnico di Milano di sviluppare nanostrutture di ossido di grafene per applicazioni di nanoelettronica. Nell'ambito del progetto sono stati conseguiti importanti risultati sul versante della ricerca di base, applicata e dello sviluppo tecnologico. In particolare, è stata misurata per la prima volta l'elasticità dei film 2D nella direzione perpendicolare ai piani; tale risultato è stato pubblicato sulle pagine di Nature Materials, una delle riviste più prestigiosa nel settore. I dati misurati e le caratterizzazioni eseguite sulle nanostrutture di ossido di grafene, hanno permesso di raccogliere importanti informazioni riguardo alle proprietà di questo materiale e alle sue possibili applicazioni. Sono stati quindi sviluppati circuiti elettronici avanzati in grafene come, ad esempio, amplificatori di tensione, porte logiche e i primi oscillatori in grafene mai realizzati. Infine, è stato sviluppato un prototipo che permette la fabbricazione su larga scale di dispositivi nella nano scala. Da ultimo va rimarcato che il Professor Sordan ha iniziato la sua collaborazione con il Politecnico di Milano grazie a un ulteriore finanziamento della Fondazione che ha consentito il suo reclutamento dal Max Planck Institute di Stoccarda, dove lavorava nel gruppo del Professor Klaus von Klitzing, Premio Nobel per la fisica.

2.3. Realizzazioni dei progetti

I paragrafi che seguono descrivono, mediante elementi quantitativi e approfondimenti qualitativi, alcuni risultati raggiunti dall'insieme dei progetti analizzati. Nel dettaglio, sono esaminate: le pubblicazioni scientifiche e le altre modalità di divulgazione dei risultati della ricerca, i brevetti ottenuti e i percorsi di trasferimento tecnologico nei confronti delle imprese, l'inserimento di giovani e il supporto offerto ai percorsi di carriera e, infine, la raccolta di nuovi finanziamenti a seguito del contributo della Fondazione.

2.3.1. Pubblicazioni scientifiche e altre modalità di divulgazione

Come emerge dalla tabella 2.3, i risultati dei progetti analizzati sono confluiti in 1.371 pubblicazioni apparse su riviste scientifiche *peer reviewed.* Il numero di pubblicazioni prodotte da ciascun progetto è in media di 8,3 ed è interessante notare che i progetti ancora in corso risultano aver prodotto mediamente più pubblicazioni (9,1) rispetto a quelli conclusi (8,2). Tale dato può essere spiegato ricordando che i progetti finanziati nelle ultime edizioni del Bando hanno subito un processo di selezione più competitivo e ciò dovrebbe deporre a vantaggio della loro qualità.

Tabella 2.3 – Pubblicazioni su riviste scientifiche peer reviewed

	Progetti con pubblicazioni		Pubblicazioni		Pubblicazioni fruibili con modalità open access*
	v.a.	%	v.a.	media per progetto	%
Progetti conclusi	148	95,1%	1.217	8,2	20,5%
Progetti in corso	17	100,0%	154	9,1	25,3%
Totale	165	97,6%	1.371	8,3	21,5%

*Nota: * informazione raccolta solo per un sottogruppo di progetti finanziati fra il 2009 e il 2010 e per tutti i progetti finanziati dal 2011.*

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

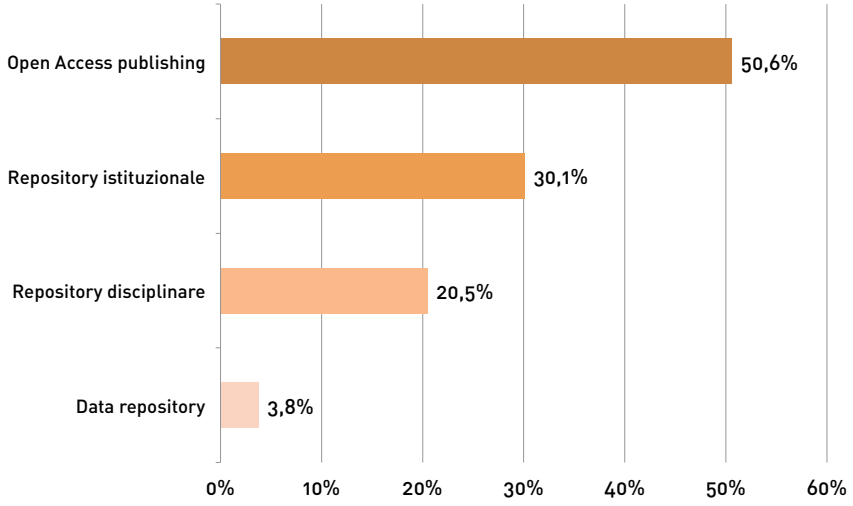
Nel corso del capitolo 3, si darà conto del valore delle pubblicazioni analizzandone l'impatto in termini di circolazione dei risultati presso la comunità scientifica. Come si vedrà, complessivamente le pubblicazioni prodotte sono di qualità medio-alta e nel box 2 si descrive un progetto che ha generato pubblicazioni molto citate.

Box 2 – Circolazione nella comunità scientifica

Il progetto "Materiali nanostrutturati autoassemblati: una strategia per il controllo delle proprietà elettroottiche" (rif. 2006-0465 contributo €300.000) ha permesso al gruppo del Professor Giuseppe Resnati del Politecnico di Milano di sintetizzare nuove molecole organiche fluorurate per applicazioni nel settore degli OLED. Dal progetto sono scaturite 18 pubblicazioni che complessivamente, hanno collezionato più di 1.385 citazioni con una media di 76,9 citazioni per documento. Tra le pubblicazioni ricordiamo: *Cavallo, G.; Metrangolo, P.; Pilati,* T.; Resnati, G. Sansotera, M.; Terraneo, G. Chem. Soc. Rev., 2010, 39, 3772-3783 "Halogen Bonding: A General Route In Anion Recognition And Coordination" e le due copertine dedicate al progetto da parte della rivista *Chemical Communication.*

Tornando alla tabella 2.3 si rileva che il 21,5% delle pubblicazioni è fruibile in modalità *open access*, quindi direttamente disponibile al pubblico senza alcun pagamento di diritti alle case editrici. Il dato è degno di nota poiché, a partire dal 1 settembre 2012, la Fondazione sostiene il modello di accesso aperto alla letteratura scientifica e richiede che i contenuti prodotti nell'ambito delle ricerche finanziate trovino diffusione in modalità *open access* (Fondazione Cariplo, 2012). Considerando che le pubblicazioni tenute al rispetto delle indicazioni della Fondazione sono solo il 5,5% (76 su 1.371) di quelle analizzate, la percentuale del 21,5 appare particolarmente significativa e denota che i ricercatori hanno spontaneamente aderito al principio della fruizione pubblica dei risultati. Tra le modalità prescelte di accesso aperto, così come emerge dalla figura 2.6, predomina la pubblicazione su riviste *open access* (50,6%), seguita dall'archiviazione su una *repository* istituzionale (30,1%). Solo nell'8,3% dei casi, invece, dati e meta-dati preliminari alle pubblicazioni sono stati resi disponibili al pubblico.

*Figura 2.6 – Modalità di fruizione open access**



*Nota: * informazione raccolta solo per un sottogruppo di progetti finanziati fra il 2009 e il 2010 e per tutti i progetti finanziati dal 2011.*

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Accanto alle pubblicazioni su riviste scientifiche, l'altra modalità tipica della divulgazione dei risultati della ricerca è la presentazione a convegni. Sulla base di quanto indicato nella tabella 2.4, 170 progetti hanno presentato i risultati a convegni scientifici nazionali o internazionali. Complessivamente, le partecipazioni a convegni sono 1.731, con una media di 10,2 presentazioni per ciascun progetto.

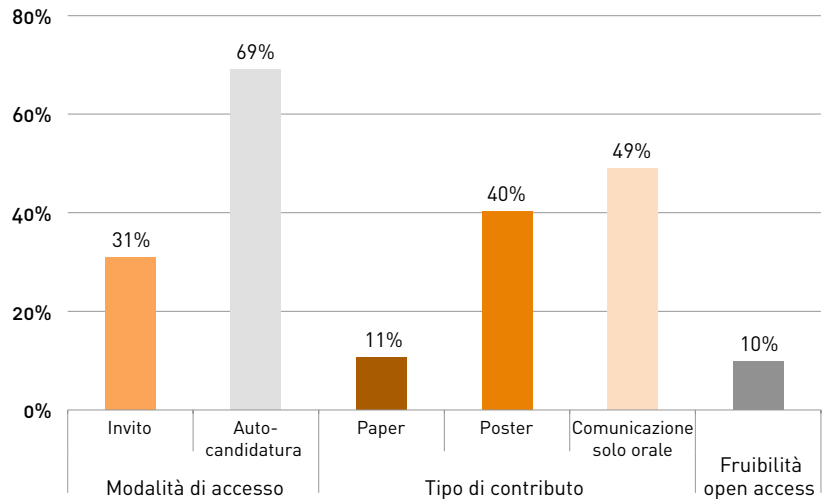
Tabella 2.4 – Presentazione dei risultati a convegni scientifici

	Progetti con presentazioni a convegni scientifici		Presentazioni a convegni	
	v.a.	%	v.a.	media per progetto
Progetti conclusi	150	92,0%	1.525	10,2
Progetti in corso	17	100,0%	206	10,3
Totale	170	91,4%	1.731	10,2

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

La figura 2.7 approfondisce le modalità di accesso ai convegni e la tipologia di contributo proposto. In particolare, emerge che nel 69% dei casi le presentazioni sono frutto di un'auto-candidatura mentre, nel restante 31% dei casi, si è trattato di una presentazione su invito. Tra le tipologie di contributo, prevale la comunicazione orale (40% dei casi) seguita dal *poster* (40% dei casi). Nel 10% dei casi le trascrizioni dei convegni sono rese fruibili in modalità *open access*.

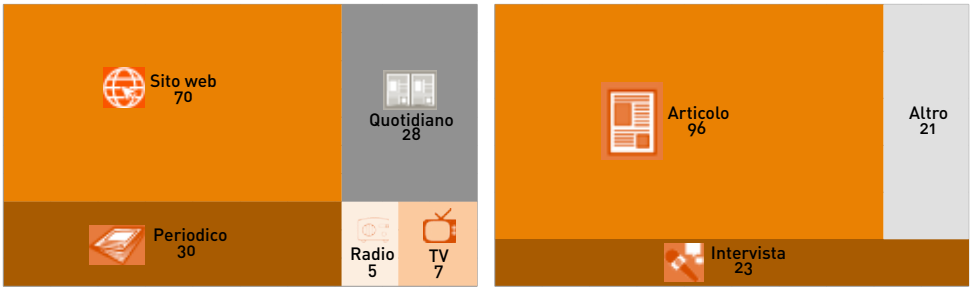
Figura 2.7 – Presentazione dei risultati a convegni scientifici



Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Se si considera invece la disseminazione dei risultati a un pubblico più ampio, nella tabella 2.2 si osserva che ben 140 dei 186 progetti sono stati divulgati sui *mass media*. Nella figura 2.8, è invece rappresentata la ripartizione degli interventi per tipologia di *media* e modalità di contributo. Con riferimento ai *media,* predomina il sito web (70 casi) seguito dal periodico (30 casi) e dal quotidiano (28 casi); residuali appaiono invece i passaggi radiofonici e televisivi. Per quanto riguarda la tipologia di contributo, la pubblicazione di un articolo appare la modalità più frequente (96 casi). Un esempio di divulgazione dei risultati anche ai non specialisti è riportato nel box 3.

Figura 2.8 – Ripartizione degli interventi divulgativi per tipologia di media e di contributo



Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati dei progetti - 2011-2016

Box 3 - Circolazione nella società civile

Il progetto "Studio della non linearità di guide ottiche in silicio periodicamente stressato per nuove sorgenti laser nel medio infrarosso" (rif. 2009-2730, contributo €130.000) ha permesso al gruppo del Professor Stefan Wabnitz dell'Università degli Studi di Brescia di provare, sia teoricamente che sperimentalmente, che deformando il silicio è possibile avere una particolare risposta ottica. Tale scoperta ha aperto la strada al trasporto dei dati sotto forma di luce e può essere sfruttata per la fabbricazione di microprocessori superveloci e a basso costo. I risultati del progetto sono stati pubblicati su numerose riviste scientifiche tra cui Nature Materials e, proprio a seguito di questa prestigiosa pubblicazione, il progetto ha avuto eco anche presso il pubblico più ampio grazie a un paio di interviste e a tre articoli divulgativi apparsi su testate non specialistiche tra le quali il Corriere della Sera.

2.3.2. Brevetti e trasferimento di *know how* e tecnologie

Come già anticipato (tabella 2.2), alcuni dei risultati dei progetti analizzati sono stati valorizzati attraverso il deposito di un brevetto o sono stati oggetto di trasferimento nei confronti del sistema delle imprese. La tabella 2.5 mostra che, al momento della rilevazione, il 10,8% dei progetti realizzati presentava risultati in corso di brevettazione.

Tra i brevetti depositati e qui indicati, 10 riportano Fondazione Cariplo tra i titolari, nel rispetto di quanto previsto dalla *policy* in tema di tutela della proprietà intellettuale efficace dal 1° gennaio 2007[17]. Attraverso questo documento la Fondazione ha previsto che tutte le organizzazioni finanziate nell'ambito dei bandi dell'Area Ricerca siano tenute a riconoscerle un diritto di contitolarità sui brevetti ottenuti nel corso dello svolgimento delle ricerche supportate. Tale diritto non implica pretese patrimoniali ma consente alla Fondazione di presidiare tutte le fasi della valorizzazione del brevetto. Sulla base della medesima *policy* le organizzazioni sono anche tenute a perseguire una politica di gestione "etica" che le obbliga a uno sfruttamento secondo finalità e mezzi che non siano in contrasto con i principi sanciti nella "Convenzione per la salvaguardia dei diritti dell'Uomo e delle libertà fondamentali", e a re-investire almeno il 50% dei proventi generati dal primo atto effettivo di sfruttamento delle innovazioni in attività di ricerca e sviluppo (sul tema di tutela della proprietà intellettuale si rimanda a Fondazione Cariplo, 2011).

17 A titolo di completezza si precisa che, alla data di pubblicazione del Quaderno, sono 12 i brevetti ottenuti nell'ambito di progetti finanziati sul Bando Materiali avanzati e depositati in contitolarità con la Fondazione.

Tabella 2.5 – Percorsi di brevettazione

Percorsi di brevettazione	Progetti con risultati in brevettazione		Brevetti o percorsi di brevettazione
	v.a.	%	v.a.
Progetti conclusi	18	11,0%	23
Progetti in corso	2	11,8%	2
Totale	20	10,8%	25

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Nel box 4 è descritto un caso emblematico di brevetto ottenuto nell'ambito del Bando Materiali avanzati e depositato in contitolarità con Fondazione Cariplo.

Box 4 – Brevetti e licenze

Il progetto "Sistemi catalitici innovativi esenti da platino per celle a combustibile con membrane a scambio protonico (PEMFCs) per un trasporto sostenibile" (rif. 2008-2235 contributo €125.000) ha permesso al gruppo del Professor Leonardo Gianmaria Formaro dell'Università degli Studi di Milano di depositare un brevetto dal titolo "Sintesi di catalizzatori esenti da metalli preziosi per la riduzione di ossigeno adatti a PEM e a processi elettrolitici" rif. EP2012/062641 esteso a fasi nazionali in Europa, Paesi del Golfo, Taiwan, Indonesia, Israele, Corea del Sud, Cina, Egitto, Brasile e Sud Africa. Tale brevetto, depositato in contitolarità con Fondazione Cariplo, protegge una nuova classe di catalizzatori elettrochimici per la riduzione di ossigeno utilizzabile in celle a combustibile a membrana polimerica e in altri processi elettrochimici. Nella primavera 2013, è stato stipulato un contratto con l'industria De Nora SPA che prevedeva una licenza d'uso esclusiva per la produzione di cloro per via elettrolitica.

Nella tabella 2.6 sono invece approfondite le attività di trasferimento tecnologico conseguenti ai progetti finanziati. Nel complesso, circa il 30% dei progetti analizzati ha avviato un percorso di trasferimento tecnologico nei confronti del sistema delle imprese. In particolare, il 20,1% ha acquisito commesse esterne legate alle competenze maturate nel corso del progetto, il 4,1% ha avviato uno *spin-off* grazie alle conoscenze acquisite e il 4,1% ha direttamente trasferito risultati, prototipi o brevetti al sistema delle imprese.

Tabella 2.6 – Trasferimento tecnologico

Dopo la conclusione del progetto...	Progetti	
	v.a.	%
... sono state ottenute commesse esterne legate alle competenze/conoscenze acquisite nel corso del progetto	34	20,1%
... sono stati avviati spin-off legati alle competenze/conoscenze acquisite nel corso del progetto	7	4,1%
... i risultati/prototipi/brevetti sono stati trasferiti al sistema delle imprese	7	4,1%

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Nel box 5 sono riportati due esempi di trasferimento tecnologico e di *know how*.

Box 5 – Trasferimento di *know how* e tecnologie al sistema delle imprese

Il progetto "Nanostrutture fotoniche per il fotovoltaico a film sottile" (rif. 2010-0523 contributo €160.000) ha permesso al gruppo del Professor Lucio Claudio Andreani dell'Università degli Studi di Pavia di approfondire la conoscenza dei meccanismi di interazione della luce con film sottili di semiconduttori in presenza di nano strutture fotoniche e di comprenderne gli effetti sul trasporto elettronico. Nell'ambito del progetto, sono state realizzate misure ottiche ed è stata sviluppata una nuova metodologia per la caratterizzazione di film sottili di silicio cristallino. Grazie alle conoscenze acquisite e al personale formato su questi temi, il gruppo di ricerca ha ottenuto due commesse di ricerca dall'ENI – Istituto Donegani, per complessivi €310.000, che hanno portato al deposito di due brevetti congiunti e alla produzione di concentratori solari luminescenti.

Il progetto "Rivestimenti a base di polimeri conduttori e silani per la protezione di leghe leggere" (rif. 2010-0458 contributo € 125.000) ha permesso al gruppo del Professor Luigi Falciola dell'Università degli Studi di Milano di mettere a punto un modello computazionale per lo studio dell'adsorbimento di organosilossani su superfici di alluminio. Tale modello è stato utile per il disegno di nuovi monomeri con migliorata protezione dalla corrosione. Parallelamente al progetto, si è stabilita una collaborazione con Lampre, PMI di Usmate Velate (MB), che si è dimostrata interessata ad applicare i materiali studiati ai propri prodotti. La collaborazione ha fruttato al gruppo di ricerca €90.000 e a ha portato all'inserimento in azienda del giovane ricercatore che lavorava sulla commessa.

2.3.3. Inserimento di giovani e supporto ai percorsi di carriera

I progetti finanziati dalla Fondazione sono stati l'occasione per favorire la crescita intellettuale e professionale di molti giovani ricercatori. Come si evince dalla tabella 2.7, sono 902 le persone che sono state contrattualizzate per la realizzazione dei progetti. Trasformando le persone reclutate in equivalenti a tempo pieno, le 902 unità si riducono a 337 il che attesta la presenza di contratti di breve periodo e un elevato *turnover*. In questo caso, comunque, il ricambio non deve essere necessariamente interpretato in maniera negativa: spesso l'abbandono dei contratti è stato l'esito dell'avvio di una carriera in ambito industriale. Esaminando la tipologia dei contratti, più della metà delle persone reclutate è rappresentata da assegnisti di ricerca e, tra questi, prevalgono le posizioni per dottori di ricerca (387) rispetto a quelle per laureati (276); ciò denota che, attraverso i finanziamenti della Fondazione, si sono create occasioni di lavoro per personale altamente qualificato. Sempre dalla tabella 2.7, si rileva che nel 47,9% dei casi le persone inserite hanno proseguito la collaborazione con il *team* di ricerca oltre il termine del progetto. Tale quota è più elevata nel caso dei ricercatori e dei tecnici di laboratorio, che hanno continuato a lavorare con i *team* di ricerca rispettivamente nel 77,5% e nel 75% dei casi.

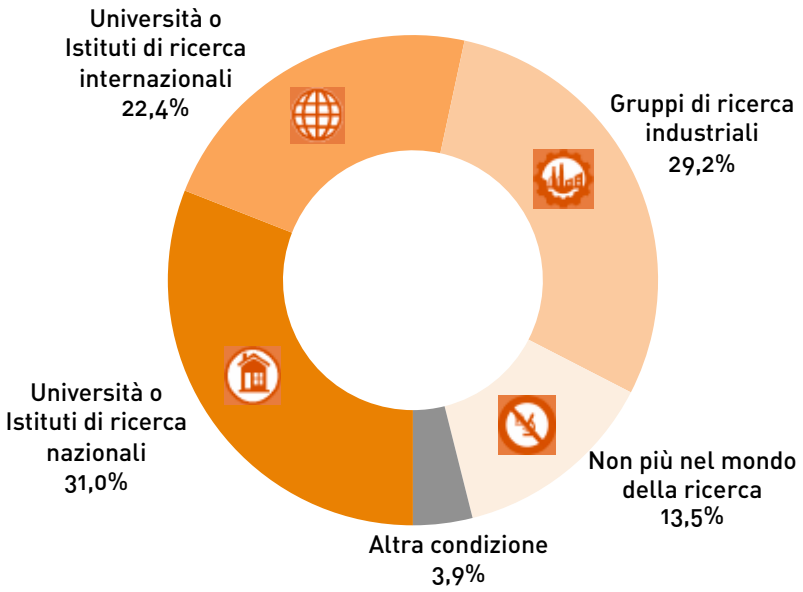
La figura 2.9 si riferisce invece alle 470 persone reclutate che non sono rimaste nel *team* di ricerca dopo la conclusione del progetto e mostra la loro condizione (per quanto nota al referente scientifico del progetto) al momento della rilevazione. Da quanto rappresentato emerge che ben l'82% è ancora impegnato nel mondo della ricerca; in particolare, il 31% lavora presso università o istituti di ricerca nazionali, il 22% presso università o istituti di ricerca esteri e il 29,2% presso gruppi di ricerca industriali. Questo dato appare significativo alla luce degli obiettivi del Bando e della volontà della Fondazione di potenziare il settore e contribuire a creare precondizioni per lo sviluppo e la competitività del sistema economico.

Tabella 2.7 – Personale inserito nel progetto

Posizione / qualifica	Persone reclutate per il progetto		Equivalenti tempo pieno		Persone rimaste nel team di ricerca dopo la fine del progetto	
	v.a.	media per progetto	v.a.	media per progetto	v.a.	% sul totale reclutati
Assegni / borse per laureati	276	1,6	91	0,5	101	36,6%
Borse di dottorato	115	0,7	47	0,3	70	60,9%
Assegni / borse post-doc	387	2,3	163	1,0	187	48,3%
Ricercatore	40	0,2	15	0,1	31	77,5%
Tecnico di laboratorio	12	0,1	3	0,0	9	75,0%
Altro	72	0,4	17	0,1	34	47,2%
Totale	902	5,3	337	2,0	432	47,9%

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

Figura 2.9 – Condizione attuale del personale di ricerca inserito nei progetti finanziati



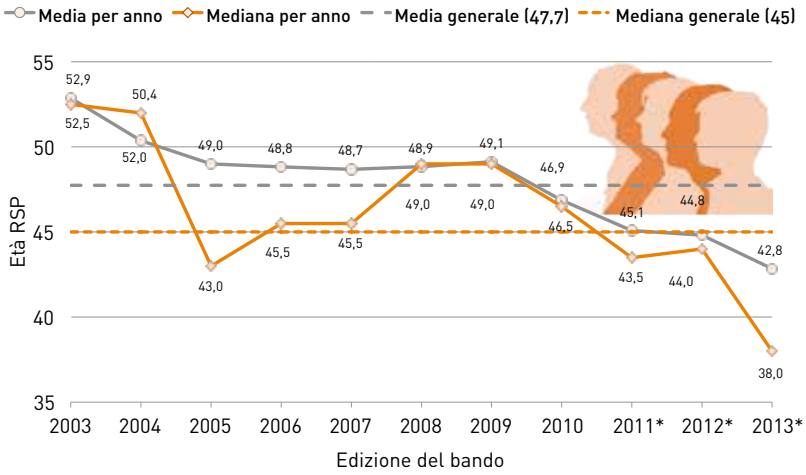
Nota: i dati si riferiscono a 163 progetti conclusi e mappati

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2015)

Passando ad esaminare le età dei responsabili scientifici, emerge che i progetti condotti da ricercatori *under* 40 corrispondono al 21,5% dei progetti analizzati (si veda sopra la tabella 2.2). La figura 2.10 mostra invece le età medie e mediane dei responsabili scientifici di progetto per edizione del Bando. Sulla base dei dati esposti, si evince che in un decennio di attività, l'età media si è abbassata di 10 anni (da circa 52 anni nel 2003 a circa 42 anni nel 2013).

L'introduzione di alcuni incentivi nella selezione delle proposte, volti a premiare il coinvolgimento dei giovani in posizioni di responsabilità, ha sicuramente contribuito a questo risultato confermando, comunque, una tendenza già in atto. I dati generali relativi all'età media (47,7 anni) e mediana (45 anni), se paragonati con il contesto italiano della ricerca, sono infatti già molto incoraggianti e testimoniano l'accessibilità

Figura 2.10 – Età media e mediana del Responsabile Scientifico del Progetto (RSP) per edizione del bando



*Nota: * sono inclusi anche i progetti che hanno rendicontato solo parzialmente.*

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

dello strumento anche ai ricercatori più giovani. È ragionevole ipotizzare che molte ragioni abbiano concorso nel produrre questo risultato; a titolo esemplificativo e non esaustivo, è possibile considerare che la scienza dei materiali fosse un campo di studio in forte espansione negli anni di attività del Bando e che alcune istituzioni proponenti fossero di recente attivazione. Inoltre, pare doveroso supporre che i ricercatori con maggiore *seniority* abbiano creato delle condizioni favorevoli perché anche i più giovani potessero candidarsi, interpretando il Bando come un'opportunità per sperimentare un percorso di selezione meritocratico e acquisire competenze nella predisposizione di candidature e nella gestione di progetti di ricerca. In molti casi, questo percorso di emancipazione è stato favorito dalla permanenza del canale di finanziamento per un periodo significativamente lungo; alcuni giovani, infatti, hanno dapprima partecipato ai progetti della Fondazione come membri dei *team* di ricerca e, solo in un secondo momento, hanno deciso di candidarsi come responsabili di progetto.

Nel box 6 è descritto il percorso di un ricercatore che, dopo alcune esperienze come membro dei *team* di ricerca, si è candidato come *principal investigator* ottenendo un'ottima valutazione. L'effetto del Bando sul supporto dei percorsi professionali trova una conferma nelle risposte raccolte dalla domanda relativa alla percezione dell'impatto del finanziamento sulla carriera dei responsabili scientifici (figura 2.11)[18]. Il 58% dei responsabili intervistati afferma infatti che il sostegno della Fondazione ha contribuito ad aumentare significativamente la sua produttività scientifica, il 57,3% ritiene che abbia fornito autonomia e credibilità scientifica e, infine, il 50,7% sostiene che abbia permesso di strutturare un gruppo di ricerca.

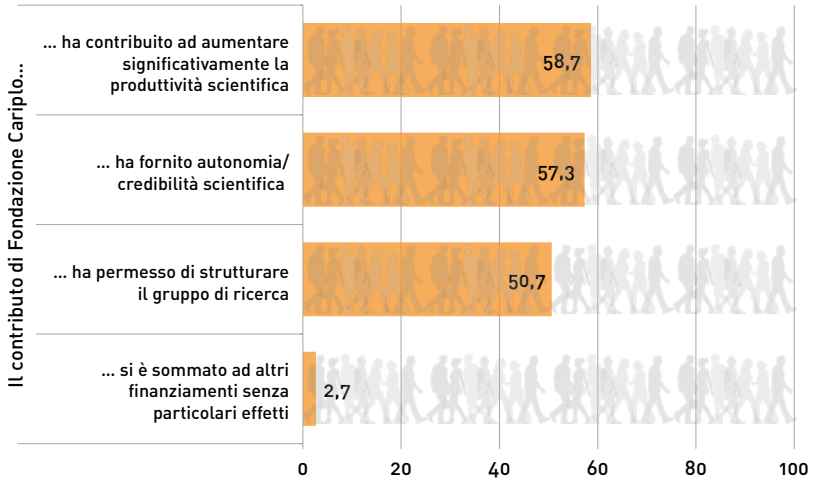
Il box 7 illustra, invece, il caso emblematico di una ricercatrice che, a seguito del finanziamento, ha avuto una svolta significativa nel proprio percorso di carriera.2.3.4. Raccolta di nuovi finanziamenti

18 L'informazione è stata raccolta solo per 75 progetti (un sottogruppo di progetti finanziati fra il 2009 e il 2010 e per tutti i progetti finanziati dal 2011).

Box 6 – Da *team member* a *principal investigator*

Il progetto "Nanostrutture per la deformazione controllata di strati e membrane di semiconduttori gruppo-IV" (rif. 2011-0331 contributo €224.000) ha permesso al gruppo guidato da Emiliano Bonera di realizzare nanostrutture di germanio per la microelettronica e l'optoelettronica con valori di deformazioni più alti di quelli reperibili in letteratura ma, soprattutto, ha consentito di portare avanti una linea di ricerca autonoma. Prima di sperimentarsi come responsabile scientifico di progetto, Emiliano Bonera ha partecipato ad altre ricerche sostenute sul Bando Materiali avanzati, lavorando come *team member* al progetto "Deposizione di strati atomici metallici ed isolanti per applicazioni in microelettronica e spintronica – solaris" (rif. 2004-1096), guidato dal Professor Marco Fanciulli e al progetto "NanoMANipolazione delle DIslocazioni da *misfit* per strategie innovative di integrazione etroepitassiale su silicio – MANDIS" (rif. 2007-5095) con responsabile scientifico il Professor Mario Guzzi. Prima ancora, appena laureato, aveva partecipato al progetto finanziato dalla Fondazione sul Bando Trasferimento tecnologico "Le nanotecnologie motore di competitività delle PMI" (2000-3705) sotto la supervisione del Professor Paolo Milani. Ora Emiliano Bonera è Professore Associato presso l'Università degli Studi di Milano Bicocca.

Figura 2.11 – Impatto percepito del finanziamento sulla carriera del Responsabile Scientifico



Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2015)

Box 7 – Impatto sulla carriera dei responsabili scientifici

Il progetto "Sviluppo di fotocatalizzatori di seconda generazione per l'energia e l'ambiente" (rif. 2009-2477 contributo €180.000) ha permesso al gruppo guidato da Cristiana Di Valentin di investigare i meccanismi fisici sottostanti le proprietà fotocatalitiche di alcuni ossidi semiconduttori per applicazioni nei settori della catalisi ambientale e della produzione di idrogeno. La ricercatrice già vantava un curriculum solido e significative collaborazioni nazionali internazionali ma, a seguito del finanziamento, la sua carriera ha avuto un'accelerazione: nel 2011 è stata insignita della Medaglia Nasini dalla Società Chimica Italiana - Divisione di Chimica Inorganica, nel 2012 ha ottenuto un finanziamento nazionale "Futuro in ricerca" ed è diventata Professore Associato, nel 2013 ha ricevuto un finanziamento come responsabile di unità partner sul VIIPQ e, nuovamente, sul Bando Materiali avanzati della Fondazione, nel 2014 ha conseguito l'abilitazione scientifica nazionale a professore di I fascia e, infine, nel 2015 ha ottenuto un prestigioso finanziamento dell'European Research Council.

Tabella 2.8 – Raccolta di nuovi finanziamenti

Raccolta di nuovi finanziamenti	
Numero di progetti	65
Incidenza sui progetti mappati (%)	38
Finaziamenti raccolti	
Numero complessivo	87
Media per progetto	1,3
Importo dei finanziamenti raccolti	
Valore complessivo (€)	23.577.034
Valore medio per progetto (€)	362.724
Raccolta di finanziamento dell'Unione Europea	
Numero di progetti	14
Valore dei finanziamenti raccolti (€)	18.704.155
Incidenza sul valore complessivo dei nuovi finanziamenti (%)	79,3

Nota: i dati si riferiscono a 169 progetti conclusi e mappati

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

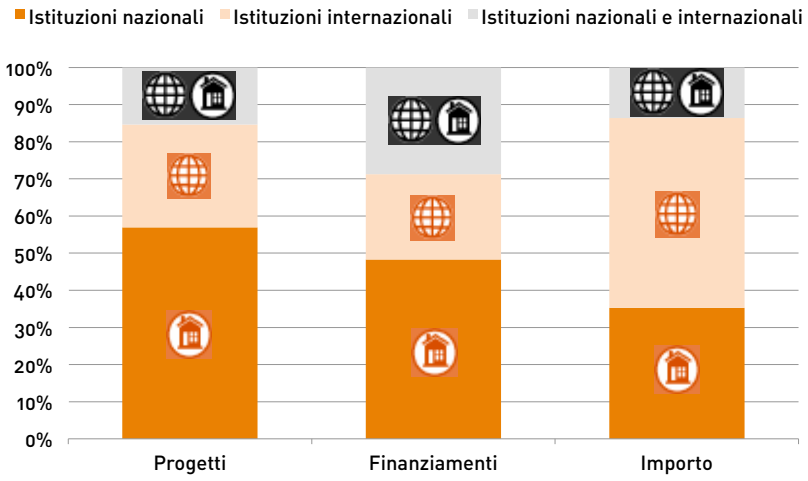
Così come è emerso dall'esempio citato nel box 5, la realizzazione dei progetti ha permesso di raccogliere ulteriori finanziamenti che hanno consentito di proseguire le linee di ricerca intraprese o di sfruttare al meglio le competenze maturate durante l'implementazione dei progetti. Nella tabella 2.8, vengono riportati i dati relativi ai nuovi finanziamenti raccolti a seguito dei finanziamenti della Fondazione; in questo caso, i valori sono stati mappati unicamente per i 169 progetti che alla data della rilevazione risultavano rendicontati a saldo. Dalla tabella emerge che 65 progetti, pari a circa il 40% di quelli analizzati, hanno raccolto nuovi finanziamenti per €23.577.034. Il dato appare significativo soprattutto se si considera che i contributi complessivamente deliberati a vantaggio dei progetti mappati ammontano a €32.843.527. È ragionevole ipotizzare che, ripetendo in futuro la medesima rilevazione, il valore dei finanziamenti raccolti possa risultare ancora più interessante, sia per la possibilità di mappare gli effetti a lungo termine dei progetti sostenuti, sia per la presenza di progetti selezionati nelle ultime edizioni del Bando che, come abbiamo già visto in precedenza, appaiono molto produttivi.

Nella figura 2.12 si approfondiscono le fonti dei nuovi finanziamenti. Più del 50% dei progetti analizzati ha ottenuto supporto da un'organizzazione italiana. Considerando il numero di finanziamenti raccolti, predominano quelli di origine nazionale, che rappresentano circa il 48% dei nuovi finanziamenti. Se si osserva invece l'ammontare dell'importo ottenuto, i finanziamenti più rilevanti provengono da istituzioni straniere e, principalmente, dalla Commissione Europea.

Sempre in tema di nuovi finanziamenti, è stato effettuato un successivo approfondimento teso a rilevare se tra i ricercatori sostenuti sul Bando Materiali avanzati fosse possibile annoverare titolari dei prestigiosi *grant* dell'*European Research Council*

(ERC)[19]. Dall'analisi è emerso che 11 ricercatori che hanno partecipato a diverso titolo ai progetti sostenuti sono anche vincitori di un finanziamento ERC (tabella 2.9); tale dato depone a favore della bontà della ricerca sostenuta e testimonia dell'impatto positivo dei finanziamenti della Fondazione.

Figura 2.12 – Fonti dei nuovi finanziamenti



Nota: i dati si riferiscono a 169 progetti conclusi e mappati

Fonte: rilevazioni Ren.de.re. e Relazioni sui risultati (2011-2016)

19 L'ERC è stato fondato nel 2007 dalla Commissione Europea con l'obiettivo di finanziare ricerca di frontiera in tutti i campi del sapere. I bandi promossi dall'ERC sono altamente competitivi e indirizzati ai migliori ricercatori di qualsiasi nazionalità.

Tabella 2.9 – Finanziamenti ERC ottenuti da ricercatori già impegnati sul Bando Materiali avanzati

Ricercatore	Affiliazione	Progetto finanziato sul Bando Materiali avanzati				Progetto finanziato dall'European Research Council				
		Codice	Titolo	Tipo di coinvolgimento	Contributo	Bando	Anno	Titolo	Contributo	Tipo di coinvolgimento
Cristiana di Valentin	Università degli Studi di Milano - Bicocca	2009-2477	Sviluppo di fotocatalizzatori di seconda generazione per l'energia e l'ambiente	Principal Investigator	180.000	Consolidator Grant	2014	BIOINOHYB-Smart Bioinorganic Hybrids for Nanomedicine	1.748.125	Principal Investigator
		2013-0615	Nuovi materiali fotocatalitici per la conversione di energia solare basati su eterogiunzioni	Responsabile scientifico unità partner (Capofila Università degli Studi di Milano)	259.100					
Carmen Giordano	Politecnico di Milano	2011-0335	Nanostructured hydrogels for controlled release of engineered therapeutic proteins against Parkinson's disease-related neurodegeneration	Principal Investigator	374.200	Consolidator Grant	2016	MINERVA - MIcrobiota-Gut-BraiN EngineeRed platform to eVAluate intestinal microflora impact on brain functionality	1.999.194	Principal Investigator
Daniele Ielmini	Politecnico di Milano	2010-0500	Ossidi metallici nanostrutturati per memorie basate su processi redox	Principal Investigator	148.850	Consolidator Grant	2014	RESCUE - REsistive-Switch CompUting bEyond CMOS	1.998.113	Principal Investigator
Alfio Quarteroni	Politecnico di Milano	2004-1120	Modellistica matematica di materiali microstrutturati per dispositivi a rilascio di farmaco	Principal Investigator*	214.000	Advanced Grant	2008	MATHCARD - Mathematical Modelling and Simulation of the Cardiovascular System	1.810.992	Principal Investigator
						Advanced Grant	2016	iHEART - An Integrated Heart Model for the simulation of the cardiac function	2.351.544	Principal Investigator
Manuela Teresa Raimondi	Politecnico di Milano	2004-1148	Progettazione di scaffold microstrutturati per la rigenerazione tessutale in sistemi di coltura avanzata	Principal Investigator	204.400	Consolidator Grant	2014	NICHOID - Mechanobiology of nuclear import of transcription factors modeled within a bioengineered stem cell niche	1.903.330	Principal Investigator
		2010-0635	3D microstructuring and functionalization of polymeric materials for scaffolds in regenerative medicine	Responsabile scientifico unità partner (Capofila Consiglio Nazionale delle Ricerche)	237.000					

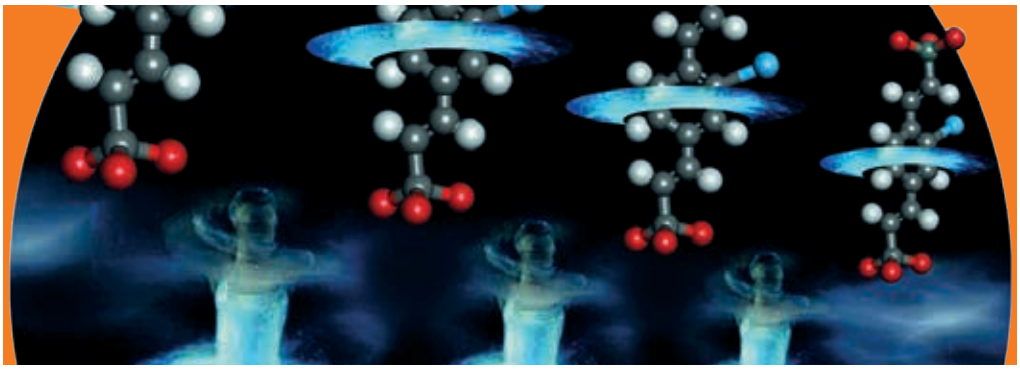
(Continua...)

Tabella 2.9 – Finanziamenti ERC ottenuti da ricercatori già impegnati sul Bando Materiali avanzati *(Segue...)*

		Progetto finanziato sul Bando Materiali avanzati				Progetto finanziato dall'European Research Council				
Ricercatore	Affiliazione	Codice	Titolo	Tipo di coinvolgimento	Contributo	Bando	Anno	Titolo	Contributo	Tipo di coinvolgimento
Mario Caironi	Istituto Italiano di Tecnologia	2011-0368	Inkjet printing of integrated organic optolectronic devices: from molecular design to a digital X-ray imager	Responsabile scientifico unità partner (Capofila Politecnico di Milano)	293.000	Starting Grant	2014	HEROIC High-frequency printed and direct-written Organic-hybrid Integrated Circuits	1.608.125	Principal Investigator
Carlo Spartaco Casari	Politecnico di Milano	2009-2527	Nanostructured MATerials for innovative HYbrid Solar cells – MATHYS	Membro del team di ricerca	220.000	Consolidator Grant	2016	EspLORE - Extending the science perspectives of linear wires of carbon atoms from fundamental research to emerging materials	1.981.875	Principal Investigator
Liberato Manna	Istituto Italiano di Tecnologia	2013-0656	Green nanomaterials for next-generation photovoltaics (GREENS)	Responsabile scientifico unità partner (Capofila Politecnico di Milano)	215.000	Consolidator Grant	2013	TRANS-NANO Advancing the Study of Chemical, Structural and Surface Transformations in Colloidal Nanocrystals	2.430.720	Principal Investigator
Pierangelo Metrangolo	Politecnico di Milano	2006-0465	Materiali nanostrutturati autoassemblati: una strategia per il controllo delle proprietà elettroottiche	Membro del team di ricerca	300.000	Starting Grant	2012	FOLDHALO - Folding with Halogen Bonding	1.393.000	Principal Investigator
		2009-2550	Materiali Fluorurati di Nuova Generazione come Agenti di Contrasto Intelligenti in 19F RMN	Membro del team di ricerca	420.000					
Giovanni Isella	Politecnico di Milano	2011-0382	Epitaxial Intersubband Detectors On Silicon - EIDOS	Principal Investigator	220.000	Starting Grant	2014	INsPIRE - Chip-scale INtegrated Photonics for the mid-Infra Red	1.498.125	Referente unità partner
Dario Narducci	Università degli Studi di Milano - Bicocca	2007-5475	SAMARC (Sensor Arrays for Metabolite Analysis in the Rumen of Cattle	Principal Investigator	150.000	Starting Grant	2015	NANOthermMA Advanced Simulation Design of Nanostructured Thermoelectric Materials with Enhanced Power Factors	1.498.813	Referente unità partner

*Nota: * Nella fase iniziale del Progetto*

Fonte: Fondazione Cariplo e European Research Council



3

Come le ballerine sul ghiaccio effettuano piroette, così sono stati realizzati rotori dipolari che ruotano su se stessi in materiali porosi – Foto di Comotti A. e Sozzani P.

3. LA RILEVANZA SCIENTIFICA DELLE PUBBLICAZIONI

3.1 Impostazione metodologica

La principale dimensione indagata da questo capitolo è l'efficacia del Bando della Fondazione Cariplo nel produrre avanzamenti della conoscenza nell'ambito dello studio dei materiali avanzati, con particolare riferimento alla rilevanza scientifica (in termini bibliometrici) delle pubblicazioni prodotte grazie ai progetti finanziati dalla Fondazione.

A questo scopo sono state condotte analisi bibliometriche (delle pubblicazioni e delle relative citazioni) per determinare il grado di diffusione presso la comunità scientifica degli articoli, pubblicati su riviste *peer reviewed,* prodotti dai progetti finanziati dalla Fondazione. Per raccogliere e analizzare gli elementi utili a formulare un giudizio di merito sono stati utilizzati gli strumenti di analisi appositamente messi a punto da Clarivate Analytics (ex Thomson Reuters): InCites e Essential Science Indicators (ESI), entrambi basati sul database bibliometrico Web of Science.

L'attribuzione delle singole pubblicazioni agli specifici progetti inclusi nella rilevazione è avvenuta ad opera dei relativi responsabili di progetto all'atto della compilazione del questionario o della relazione scientifica sui risultati. Gli uffici della Fondazione hanno effettuato alcune verifiche. Nei casi di indizi di potenziale incongruenza, sono stati effettuati puntuali riscontri della corrispondenza fra pubblicazioni e progetti. Tuttavia, è opportuno considerare che non è stato possibile estendere tale verifica a tutte le pubblicazioni e non si può dunque del tutto escludere il caso di attribuzioni improprie.

Ciò premesso, di seguito sono riportati gli esiti delle analisi svolte. La prima parte, presenta alcuni risultati generali volti a evidenziare la rilevanza, in termini di "circolazione presso la comunità scientifica", delle pubblicazioni realizzate a partire dai progetti di ricerca finanziati dalla Fondazione. Attraverso alcuni confronti settoriali sono poi evidenziati i campi disciplinari nei quali il contributo scientifico delle ricerche finanziate ha destato il maggiore interesse e ha prodotto i risultati più rilevanti in termini comparativi rispetto all'azione di altri enti finanziatori (a livello nazionale e internazionale).

Sono poi brevemente descritte le collaborazioni realizzate in occasione delle ricerche e la frequenza con cui, fra le istituzioni coinvolte nei progetti di ricerca, compaiono attori di rilevanza internazionale.

Viene infine analizzata la specializzazione settoriale dei soggetti che hanno ripreso, citandoli, i risultati delle ricerche finanziate, evidenziando la presenza di istituzioni *leader* nei vari settori di ricerca.

3.2 Il quadro generale

Nella tabella 3.1 è riportato il punto di partenza dal quale si sviluppano le analisi successive: 165 progetti finanziati dalla Fondazione Cariplo fra il 2003 e il 2013 che hanno generato 1.130[20] pubblicazioni su riviste scientifiche *peer reviewed* indicizzate nel database internazionale Web of Science.

Tali documenti sono stati citati da altre pubblicazioni su riviste scientifiche[21] ben 18.417 volte; in media, ciascun documento è stato citato quasi 16,3 volte; 58 pubblicazioni sono state citate almeno 58 volte[22].

I documenti in cui sono presenti citazioni delle pubblicazioni analizzate sono 13.174: ciascuno di essi ha dunque citato, in media, 1,4 pubblicazioni. Tali documenti sono stati citati, a loro volta, circa 202.000 volte, per una media di 15,4 citazioni per documento.

I ricercatori univocamente identificati come autori (o co-autori) delle pubblicazioni analizzate sono circa 4.800; in media ciascun documento ha portato la firma di quasi 8 ricercatori. Complessivamente, sono invece 392 le istituzioni cui fanno riferimento gli autori delle pubblicazioni analizzate. In media, ciascun documento risulta dunque prodotto con la collaborazione di 8 autori e 2,5 istituzioni diverse localizzate, spesso, in due paesi diversi.

La figura 3.1 evidenzia la distribuzione di frequenza dei documenti (barre arancioni, asse sinistro del grafico) e delle relative citazioni complessive a tutto il primo semestre 2016 (barre grigie, asse destro del grafico) per anno di pubblicazione. Le prime barre dell'istogramma indicano dunque - ad esempio - il numero di documenti pubblicati nel 2004 e il numero totale di citazioni che tali documenti hanno avuto dal 2004 al primo semestre 2016.

Dal grafico si può desumere che, come ci si poteva attendere, il rapporto fra citazioni e pubblicazioni decresce al trascorrere del tempo dalla pubblicazione; è infatti minore l'intervallo di tempo nel quale i documenti pubblicati possono essere letti e ripresi da altri

20 Il numero complessivo di pubblicazioni rilevate è pari a 1.371, come mostrato nel capitolo 2, ma solo relativamente a 1.130 è stato possibile condurre un'approfondita analisi bibliometrica in quanto i restanti documenti non sono stati ritrovati nel database Web of Science (perché la rivista non era inserita nel database o a causa di errori di trascrizione dei riferimenti bibliografici).

21 Anche in questi casi si tratta di riviste *peer reviewed* inserite nel database Web of Science.

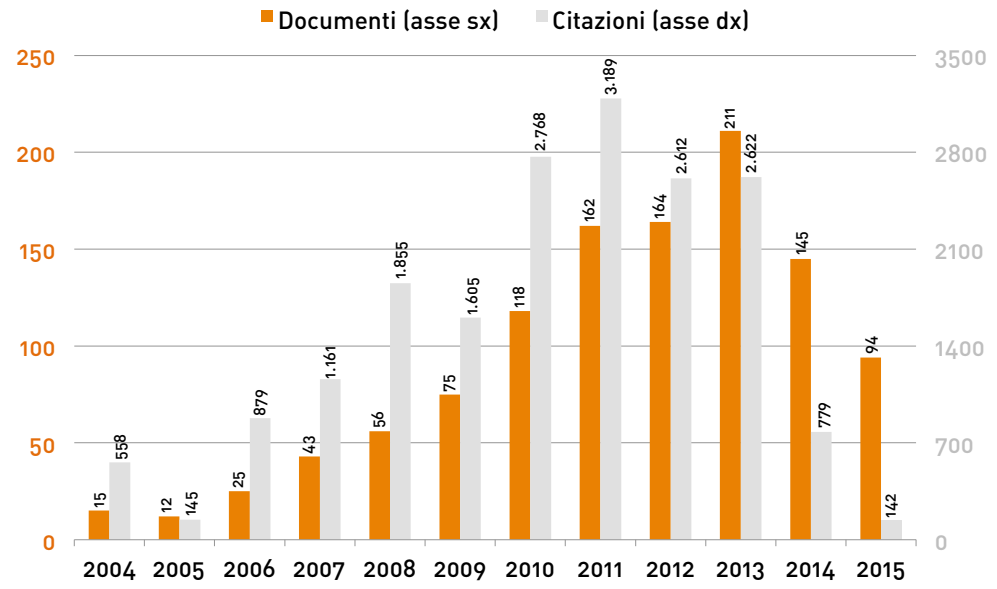
22 Il dato è riferito all'indice h che misura, per un determinato insieme di pubblicazioni - dello stesso autore, della stessa istituzione, o accomunate per qualche altro motivo (nel nostro caso, il fatto di aver ricevuto un finanziamento dalla Fondazione Cariplo) di cui sia analizzata la distribuzione di frequenza delle citazioni - quel numero massimo (h, appunto) tale per cui esistono almeno h pubblicazioni che sono state citate almeno h volte (per approfondimenti si rimanda a Hirsch, 2005).

Tabella 3.1 – Quadro riepilogativo delle pubblicazioni analizzate

Progetti	165
Documenti analizzati	1.130
Citazioni	18.417
Media per documento	16
Indice h	58
% di documenti citati	92
% documenti in collaborazione con istituzioni di altri Paesi	41
% documenti in collaborazione con imprese	3
Documenti citanti	13.174
Citazioni dei documenti citanti	202.719
Citazioni medie documenti citanti	15
Autori univocamente identificati	4.830
Numero medio di autori per documento	8
Istituzioni univocamente identificate	392
Numero medio di istituzioni per documento	2
Numero medio di Paesi/Territori per documento	2

Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Figura 3.1 – Documenti analizzati e relative citazioni totali al primo trimestre 2016 per anno di pubblicazione



Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

ricercatori. Si nota, inoltre, come le pubblicazioni del 2005 e del 2009 appaiano relativamente meno citate delle altre (se si considera il fenomeno di "latenza" appena ricordato). Per converso, le pubblicazioni uscite nel 2008, 2010 e 2013 sono relativamente più citate.

Tali considerazioni non tengono, tuttavia, conto delle diverse riviste su cui i documenti analizzati sono stati pubblicati e dei diversi settori cui essi si riferiscono. Questa limitazione è superata dalla figura 3.2 nella quale i dati medi annuali, relativi al numero di citazioni, sono rapportati a due stime del loro valore atteso. Tali valori attesi sono calcolati, nel primo caso (barra arancione), prendendo come riferimento la rivista su cui è apparsa la pubblicazione e, nel secondo caso (barra grigia), il suo settore di riferimento. Per ogni anno[23] il grafico riporta inoltre il valore medio del *Journal Impact Factor (JIF)*[24] delle riviste sulle quali sono stati pubblicati i documenti (linea arancione continua).

Dall'analisi della figura appare anzi tutto evidente come le pubblicazioni analizzate risultino mediamente più citate rispetto all'insieme dei documenti pubblicati negli stessi anni sulle stesse riviste e su riviste classificate negli stessi settori. Il rapporto fra citazioni effettive e citazioni attese è infatti superiore a 1 in tutti gli anni, tranne il 2005. Si può inoltre notare che l'indice è sistematicamente più elevato quando la stima è basata sul settore di riferimento del documento rispetto a quando è effettuata a parità di rivista.

Osservando l'andamento temporale, si può poi osservare che i valori delle stime appena descritte evidenziano una dinamica piuttosto costante, mentre appare crescente l'andamento del valore medio del *JIF* che passa da una media pari a 3,9 nel 2004 a 6,5 nel 2015. In sostanza, quindi, i risultati delle ricerche finanziate sono stati pubblicati su riviste nel tempo sempre più importanti, riuscendo a raggiungere e mantenere livelli di citazione superiori alla media.

Le citazioni fin qui analizzate si riferiscono, come mostra la parte sinistra della figura 3.3, al 92% dei documenti. L'8% delle pubblicazioni analizzate non risulta, invece, mai citata da documenti pubblicati su riviste scientifiche incluse nel database Web of Science.

La parte destra della figura 3.3 riporta invece in forma grafica un indicatore sintetico costruito a partire dall'analisi della distribuzione di frequenza delle citazioni dei documenti analizzati: il percentile medio. Tale indice esprime (in media e in termini percentuali) il posizionamento relativo[25] (in base alle citazioni ricevute) dei documenti analizzati a confronto con tutti gli altri documenti pubblicati nello stesso anno su riviste classificate all'interno della stessa area tematica.

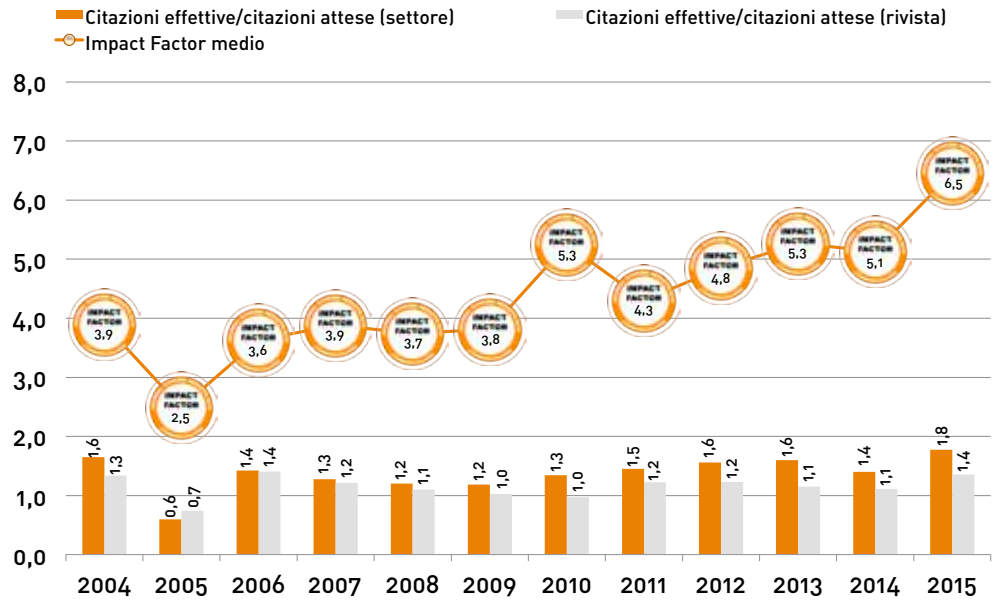
Il valore riscontrato, pari al 37,28%, è abbastanza confortante: rispetto all'insieme dei documenti con caratteristiche confrontabili, quelli qui analizzati si posizionano nella

23 L'analisi è limitata agli anni 2002-2010 in quanto per le 2 pubblicazioni del 2011 l'analisi non è ancora significativa (considerando che il dato è aggiornato al primo trimestre dell'anno).

24 Il *Journal Impact Factor* misura, per una determinata rivista scientifica presente nel database Web of Science, in un determinato anno, il rapporto fra il numero di citazioni, nell'anno in questione, degli articoli pubblicati su quella rivista nei due anni precedenti e il numero totale di articoli pubblicati sulla stessa rivista nei due anni precedenti. Rappresenta, dunque, il numero medio di citazioni ricevute in un particolare anno da articoli pubblicati in una rivista scientifica nei due anni precedenti.

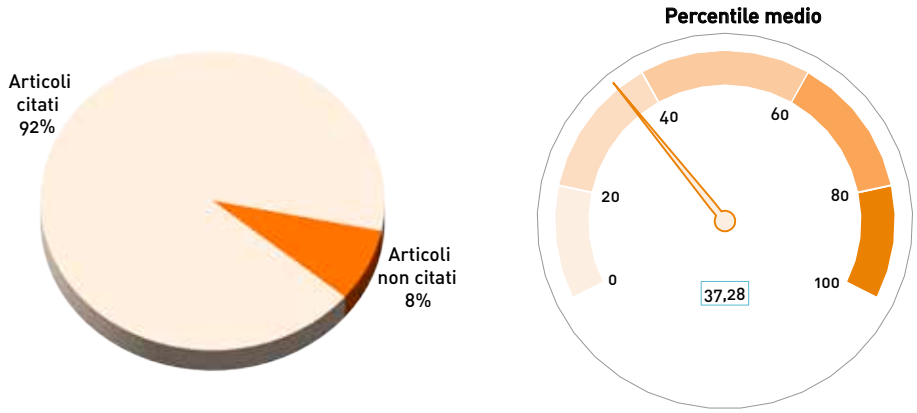
25 Tanto più basso è il valore del percentile, tanto più alta è la "posizione in classifica".

Figura 3.2 – Rilevanza delle pubblicazioni per anno di pubblicazione



Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Figura 3.3 – Frequenza di citazione delle pubblicazioni



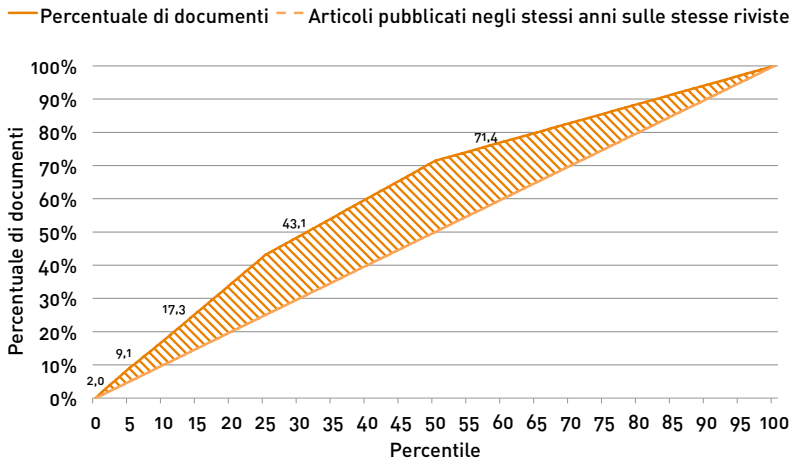
Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

parte medio-alta della classifica (a ridosso del primo terzo) per numero di citazioni ricevute.

Utilizzando la distribuzione di frequenza delle citazioni, è inoltre possibile approfondire ulteriormente la rilevanza relativa delle pubblicazioni confrontandone la distribuzione con quella degli articoli della stessa tipologia, pubblicati negli stessi anni e su riviste classificate nei medesimi settori.

Osservando, in particolare, le differenze calcolate in corrispondenza dei valori soglia che identificano il primo, il quinto, il decimo, il venticinquesimo e il cinquantesimo percentile (che rappresentano, rispettivamente, l'1%, il 5%, il 10%, il 25% e il 50% dei documenti più citati), si nota che la curva relativa al database collegato ai progetti della Fondazione si posiziona sempre al di sopra dei riferimenti medi (*benchmark*) per settori e anni di pubblicazione analoghi (figura 3.4).

Figura 3.4 – Distribuzione di frequenza delle citazioni delle pubblicazioni (confronto fra progetti finanziati dalla FC e insieme degli articoli pubblicati negli stessi anni sulle stesse riviste)



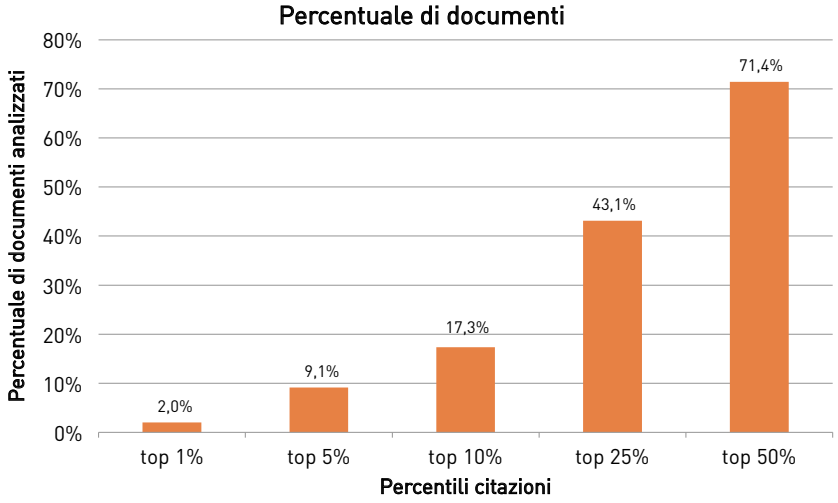
Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Come evidenziato nella figura 3.5, le differenze positive sono comprese fra il 3 e il 18% circa. In particolare, la soglia corrispondente all'1% di articoli più citati, nel nostro caso ne include il 2%; entro la soglia del 5% se ne trovano il 9,1%; nella soglia del 10% il 17,3%; nella soglia del 25% il 43,1%. Infine, la soglia che divide in due l'insieme delle pubblicazioni degli stessi anni e degli stessi settori racchiude, nel nostro database, ben il 71,4% dei documenti.

Nella figura 3.6 è invece riproposto, sempre per l'insieme delle pubblicazioni analizzate, il valore medio del rapporto fra le citazioni effettive dei vari documenti e le loro citazioni attese. Questi valori sono stimati, nel diagramma di sinistra, in base al settore in cui è classificata la rivista e, nel diagramma di destra, in base alla rivista stessa. In entrambi i casi le stime tengono inoltre conto del tipo di documento (articolo, rassegna o altra tipologia).

Dalla figura si può notare che il valore medio del quoziente è superiore all'unità: le pubblicazioni analizzate risultano quindi mediamente più citate sia rispetto agli altri documenti dello stesso tipo pubblicati nello stesso anno sulle stesse riviste scientifiche, sia rispetto alle altre pubblicazioni del medesimo anno, nel medesimo settore e della medesima tipologia. Relativamente alla normalizzazione per settore, risulta inoltre che le pubblicazioni analizzate sono state citate mediamente circa 1,5 volte di più dei documenti pubblicati nello stesso campo di ricerca nello stesso anno.

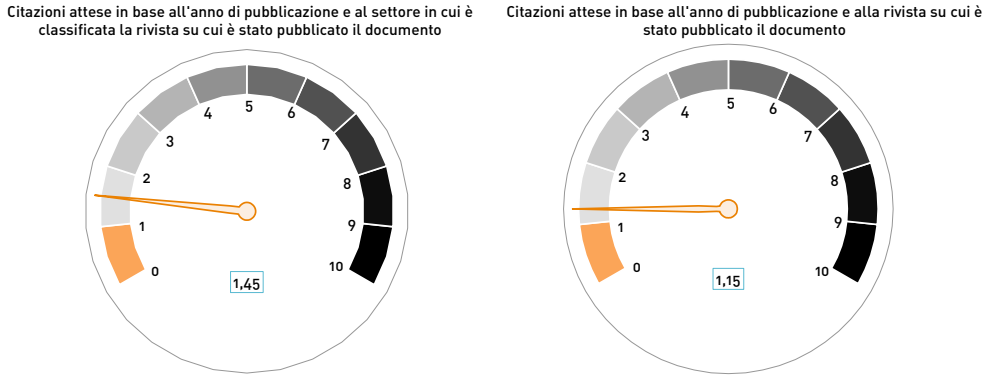
Figura 3.5 – Distribuzione dei documenti in rapporto alla distribuzione di frequenza delle relative citazioni



Percentile di riferimento	top 1%	top 5%	top 10%	top 25%	top 50%
Numero di documenti	23	103	196	487	807
Percentuale di documenti	2%	9%	17%	43%	71%
Percentuale di documenti al di sopra della soglia attesa	1%	4%	7%	18%	21%

Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

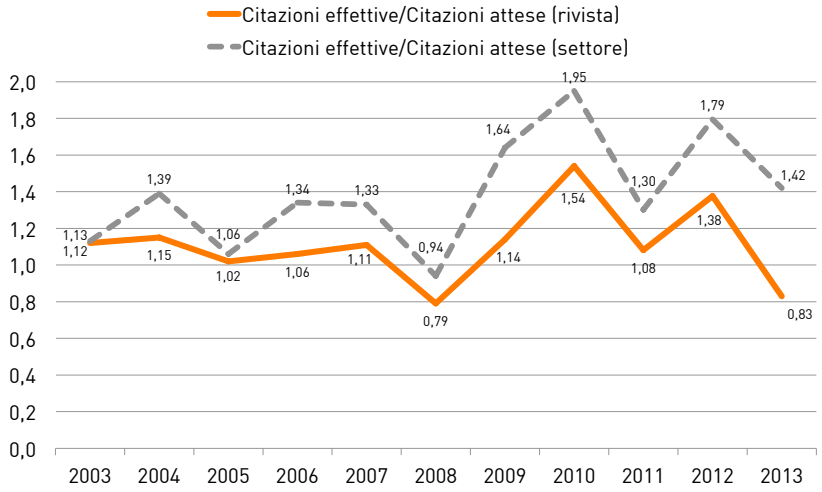
Figura 3.6 – Rapporto medio fra citazioni effettive e citazioni attese



Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Considerando i dati raggruppati per edizione del Bando (figura 3.7), si può inoltre osservare un andamento altalenante, con una crescita più pronunciata dell'indice settoriale.

Figura 3.7 – Evoluzione degli indici di citazione per edizione del bando (2003-2013)



Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Nella tabella 3.2 sono invece riportate alcune informazioni relative ai documenti analizzati e alle riviste sulle quali sono stati pubblicati, restringendo l'analisi alle 20 riviste caratterizzate dai valori più elevati del rispettivo *Journal Impact Factor (JIF).* È interessante segnalare che sono molte le riviste scientifiche di prestigio incluse nella lista; in particolare, 5 hanno un JIF superiore a 30 e 11 un JIF superiore a 15[26].

Concludiamo il primo sguardo generale sull'intero *dataset* osservandone la composizione per tipologia di pubblicazione e mostrando il diverso grado di "circolazione nella comunità scientifica" dei risultati presentati nelle diverse forme. La tabella 3.3 evidenzia che il 96,9% dei documenti analizzati è costituito da articoli originali (di cui circa il 6% pubblicati come atti di convegni o conferenze) e il 2,7% da rassegne; meno rilevanti sono invece le altre tipologie che rappresentano, nel complesso, meno dello 0,5% del totale. Per quanto riguarda la ripartizione delle citazioni dei documenti analizzati, la quota riferita agli articoli originali scende all'89%, quella relativa alle rassegne sale al 10% circa, quella relativa alle altre tipologie mantiene, nel complesso, un livello trascurabile (0,4%).

Tenendo presente che generalmente le rassegne sono più citate rispetto agli articoli originali, è interessante notare come, all'interno del database analizzato, il rapporto fra citazioni effettive e citazioni attese (che considera anche il tipo di documento) risulti in realtà superiore per gli articoli sia quando la stima delle citazioni attese è basata sulla rivista, sia quando questa è calcolata sul settore (1,16 contro 1,04), (1,46 contro 1,3).

26 Tale valore rappresenta la soglia identificata dal Ministero della Salute per attribuire il punteggio massimo nel calcolo dell'*impact factor* normalizzato, utilizzato (insieme ad altri criteri) per l'assegnazione dei fondi agli Istituti di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico (IRCCS) a partire dal 2002.

Tabella 3.2 – Principali riviste scientifiche su cui sono stati pubblicati i risultati delle ricerche finanziate

Rivista	Documenti	Citazioni	Impact Factor
Nature Materials	2	70	37
Nature Nanotechnology	4	206	34
Science	3	267	34
Chemical Society Reviews	3	446	33
Nature Photonics	1	62	32
Nature Chemistry	3	150	25
Energy & Environmental Science	3	68	21
Advanced Materials	17	526	17
Advanced Energy Materials	1	28	16
Journal of Photochemistry and Photobiology C-Photochemistry Reviews	1	0	16
Circulation	1	23	15
Surface Science Reports	1	36	15
Nano Letters	11	328	14
Acs Nano	5	135	13
Cell Host & Microbe	1	0	12
Coordination Chemistry Reviews	1	4	12
Journal of the American Chemical Society	25	1.294	12
Advanced Functional Materials	13	342	12
Nature Communications	5	94	11
Angewandte Chemie-International Edition	11	898	11

Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Tabella 3.3 – Tipologie di pubblicazioni analizzate e relativa rilevanza

Tipologia di documento	Documenti		Citazioni			Citazioni effettive/attese		Percentile
	v.a	%	v.a.	%	media per doc.	media*	media**	media
Articoli	1.095	97	16.473	89	15	1	1	37
di cui: Atti di convegni/conferenze	67	6	750	4	11	1	1	48
Rassegne	30	3	1.872	10	62	1	1	42
Altra tipologia (*meeting abstract*, lettere, editoriali)	5	0	70	0	14	0	1	80
Totale	1.130	100	18.415	100	16	1	1	37

*Note: * in base alla rivista su cui è stato pubblicato il documento ** in base al settore in cui è classificata la rivista su cui è stato pubblicato il documento*

Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

3.3 Rilevanza settoriale

Seguono alcune analisi che evidenziano i campi di ricerca delle pubblicazioni con i risultati più rilevanti (più spesso ripresi in riviste *peer reviewed* incluse in Web of Science). Anzi tutto, occorre ricordare che il campo di ricerca di una pubblicazione è identificato, in questa come nelle analisi precedenti, dal settore cui si riferiscono i documenti pubblicati sulla rivista. Inoltre, è necessario precisare che ogni rivista scientifica considerata può essere associata a più di un settore e, di conseguenza, i dati di sintesi riferiti a due o più settori possono prendere in considerazione più volte il medesimo articolo. Ciò premesso, la tabella 3.4 mostra alcuni dati di sintesi volti ad evidenziare i settori in cui le pubblicazioni analizzate sono state citate più spesso, in assoluto e in termini relativi.

Tabella 3.4 – Principali aree di ricerca e relativa rilevanza scientifica

Area di ricerca	Documenti		Citazioni			Indice h	Citazioni effettive/attese		Percentile
	v.a	%	v.a.	%	media per doc.	v.a.	media*	media**	media
Chimica multidisciplinare	214	19	6.786	37	32	45	1	2	25
Scienza dei materiali, multidisciplinare	311	28	4.797	26	15	33	1	2	34
Chimica fisica	257	23	4.898	27	19	37	1	2	32
Fisica applicata	271	24	4.158	23	15	32	1	2	34
Nanoscienze e nanotechnologie	181	16	3.037	16	17	26	1	2	33
Fisica della materia condensata	178	16	2.859	16	16	26	1	1	37
Ottica	107	9	1.104	6	10	18	1	2	41
Ingegneria elettrica ed elettronica	62	5	1.147	6	19	19	2	2	32
Fisica atomica molecolare e chimica	74	7	926	5	13	16	1	1	43
Cristallografia	41	4	716	4	17	13	1	2	30
Ingegneria chimica	19	2	543	3	29	13	2	3	13
Elettrochimica	40	4	543	3	14	14	1	1	39
Fisica multidisciplinare	32	3	544	3	17	13	1	2	29
Energia e combustibili	36	3	492	3	14	13	1	2	35
Chimica inorganica e nucleare	48	4	414	2	9	12	1	1	41

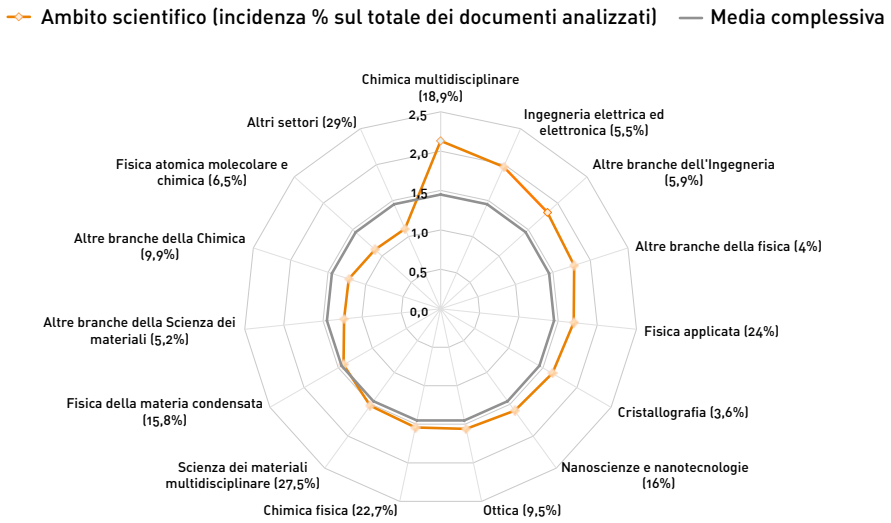
*Note: * in base alla rivista su cui è stato pubblicato il documento ** in base al settore in cui è classificata la rivista su cui è stato pubblicato il documento*

Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Copertina di Physica Status Solidi – Rapid Research Letters della Wiley-VCH – Foto di Sanguinetti S.

La figura 3.8 mostra, invece, le stime relative al rapporto medio fra citazioni effettive e citazioni attese per settore riportando - oltre al dato medio generale (linea grigia) - i valori relativi ai diversi settori di riferimento delle pubblicazioni analizzate (linea arancione).

Figura 3.8 – Rapporto tra citazioni effettive e citazioni attese per ambito scientifico



Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

L'area della "chimica multidisciplinare" è il campo di ricerca nel quale si registra il numero più elevato di citazioni (6.786) riferite a 214 documenti (18,9% del totale). In tale campo l'indice h[27] è pari a 45 (cioè sui 214 documenti analizzati ce ne sono 45 che sono stati citati almeno 45 volte), il rapporto fra citazioni effettive e citazioni attese è pari a 1,1 quando il confronto è effettuato sulla base della rivista scientifica (e del tipo

27 Si veda la nota 21.

di articolo e dell'anno di pubblicazione) e a 2,1 quando si fa riferimento ai documenti pubblicati su riviste classificate nello stesso settore[28]. Il percentile medio, infine, è pari al 25%.

Alla "scienza dei materiali multidisciplinare" e alla "chimica fisica" fanno invece riferimento, rispettivamente, 311 documenti (27,5%) citati 4.797 volte e 257 documenti (22,7%) citati 4.898 volte. I valori medi del rapporto fra citazioni effettive e citazioni attese sono sostanzialmente simili per i due campi e pari a circa 1 (nel caso dell'indice calcolato in base alla rivista) e a 1,5 (indice calcolato in base al settore). Gli indici h sono infine pari, rispettivamente, a 33 nel primo caso e a 37 nel secondo.

È significativo anche il numero di pubblicazioni relative al campo della "fisica applicata", cui si riferiscono 271 articoli (24% del totale) e 4.158 citazioni, con un indice h pari a 32.

Fra gli altri settori risultano particolarmente positivi gli indici relativi alle pubblicazioni inerenti il campo dell'ingegneria elettrica ed elettronica, della cristallografia e delle nanoscienze e nanotecnologie. In tali settori sono infatti pari, rispettivamente, a 1,97 1,64 e 1,61 gli indici che descrivono il rapporto fra citazioni effettive e attese calcolato in base al settore.

Considerando una classificazione settoriale più sintetica[29], la figura 3.9 evidenzia che la maggior parte dei documenti prodotti dai progetti di ricerca finanziati dal bando attiene ai campi della fisica, della chimica, della scienza dei materiali e dell'ingegneria; più limitato è il numero di documenti (e di ricerche) legate al campo della biologia e biochimica e agli altri settori.

Osservando l'andamento dei dati in base alle diverse edizioni del bando, emerge inoltre una certa alternanza fra i 4 campi principali, in un quadro di sostanziale stabilità. In particolare: i) la fisica evidenzia un picco positivo nel 2011 (45% dei documenti) e negativo nel 2006 (13,5%) con un dato medio pari a circa il 34%; ii) la chimica mostra il dato più elevato nel 2006 (51% dei documenti) e quello più ridotto nel 2003 (12,7%) con una media complessiva pari a circa il 32%; iii) la scienza dei materiali raggiunge la massima incidenza nel 2012 (33%) e quella minima nel 2005 (8%), attestandosi ad un valore medio del 18% circa; iv) l'ingegneria, infine, si attesa su un dato medio del 7,5% ma registra le maggiori oscillazioni, variando fra il 24% dei documenti nel 2005 e il 2,4% nel 2004.

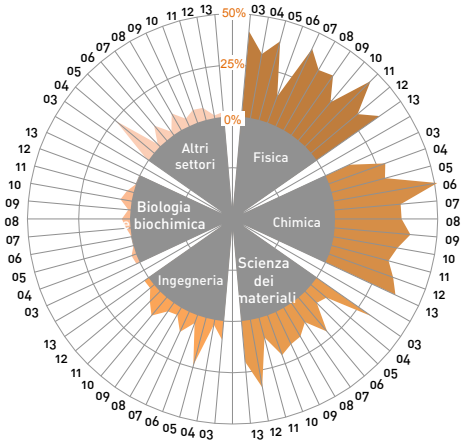
Mantenendo la classificazione settoriale sintetica di ESI e concentrando l'attenzione sui 4 settori principali, la figura 3.10 mostra il confronto, per ciascun settore, fra la *performance* (in termini di valore medio del rapporto fra citazioni effettive e citazioni attese) registrata dalle pubblicazioni analizzate e quella delle 5 istituzioni più rilevanti[30] all'interno del medesimo ambito scientifico.

28 Nello stesso anno e nella stessa forma.

29 Si fa qui riferimento, in particolare, alla classificazione settoriale di Essential Science Indicators, strumento volto a identificare, in base a criteri bibliometrici, i migliori ricercatori, gli articoli scientifici più rilevanti, le istituzioni scientifiche più produttive e rinomate in un determinato settore e in un determinato periodo.

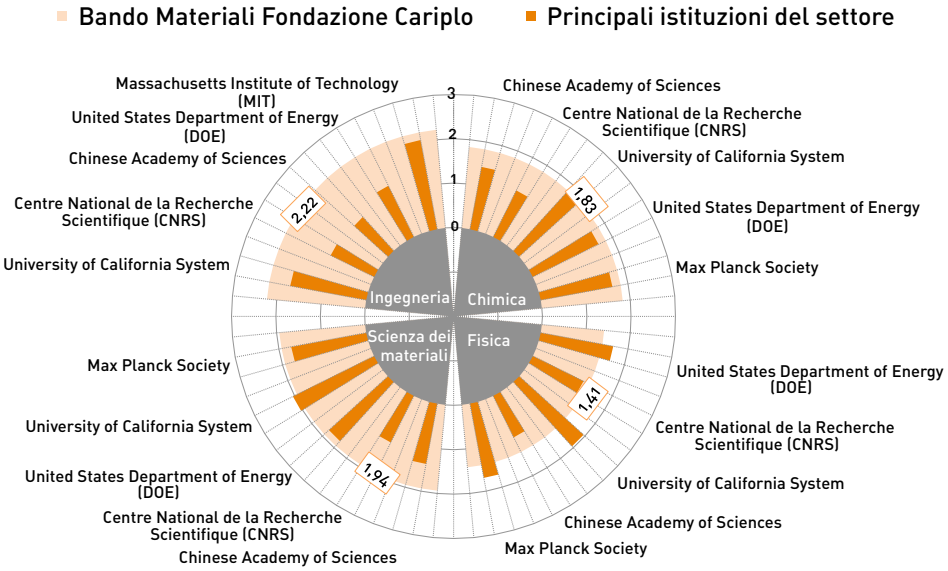
30 In particolare, la rilevanza è calcolata in base al numero complessivo di citazioni negli ultimi 10 anni delle pubblicazioni prodotte da ricercatori afferenti a tali istituzioni pubblicato da Essential Science Indicators (vedi nota precedente).

Figura 3.9 – Incidenza delle pubblicazioni in diverse aree di ricerca per edizione del bando



Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

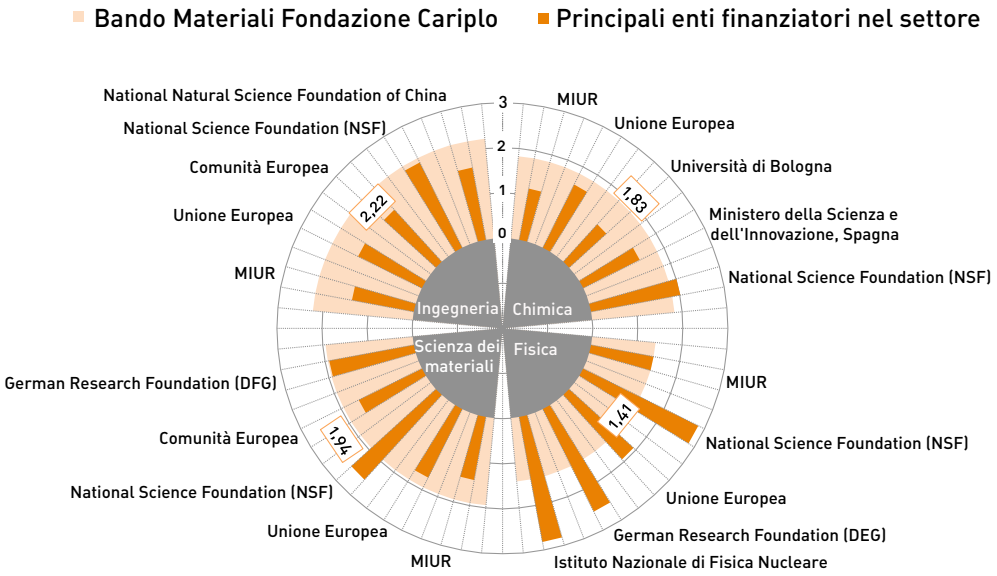
Figura 3.10 – Confronti con le istituzioni più importanti nei vari settori (Confronto internazionale fondato sul rapporto fra citazioni effettive e citazioni attese)



Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Il grafico evidenzia, di nuovo, una situazione in cui i valori per l'insieme delle pubblicazioni analizzate risultano particolarmente positivi. In particolare: i) nel campo dell'ingegneria l'indice risulta significativamente più elevato rispetto a quello delle 5 istituzioni più importanti a livello internazionale; ii) nei settori della chimica e della scienza dei materiali il dato si attesta su un livello corrispondente a quello dei rispettivi *top performer*; iii) nel campo della fisica, infine, le tre migliori istituzioni registrano indici più elevati rispetto a quello elaborato per le pubblicazioni prodotte a partire dalle ricerche

Figura 3.11 – Confronti con i più importanti enti finanziatori in Italia nei vari settori (Confronto basato sul rapporto fra citazioni effettive/citazioni attese)



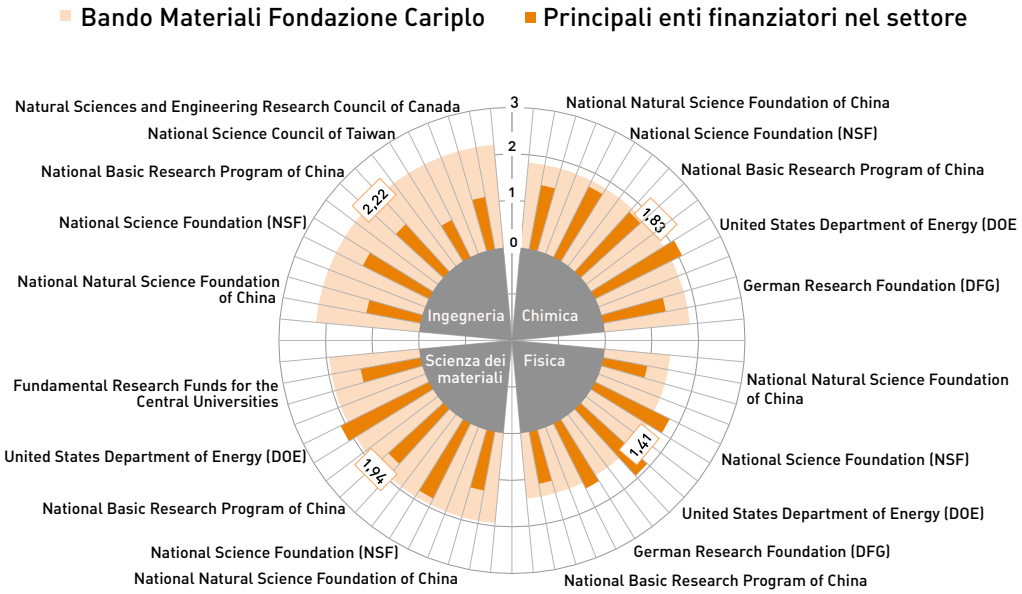
Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

finanziate dal Bando, ma tale dato appare superiore a quelli registrati per la quarta e la quinta istituzione della classifica settoriale.

Nelle figure 3.11 e 3.12, invece, il termine di paragone del confronto settoriale (sempre basato sulla rilevanza in termini citazionali) è rappresentato dai 5 principali enti finanziatori: dei gruppi di ricerca attivi in Italia (nel primo grafico) e della ricerca a livello globale (nel secondo). In particolare, l'analisi è fondata sull'informazione presente, per ogni documento, all'interno dello spazio riservato ai ringraziamenti (*acknowledgements*) che i ricercatori rivolgono agli enti finanziatori che hanno reso possibili le loro ricerche attraverso i propri contributi. Ogni documento può fare (e in genere fa) riferimento a più di un ente finanziatore. Sono considerati solo i documenti pubblicati a partire dal 2008 in quanto, in precedenza, l'informazione sui ringraziamenti era presente, ma non era indicizzata in modo sistematico. I principali enti finanziatori sono identificati in base al numero di documenti in cui la loro denominazione compare fra i ringraziamenti.

Da entrambi i confronti emerge un quadro di assoluta rilevanza del contributo della Fondazione Cariplo e di elevata qualità delle ricerche finanziate rispetto a quelle finanziate da altri enti, sia in Italia, sia all'estero. Inoltre, appaiono confermate le specificità settoriali descritte in precedenza, con una più elevata *performance* registrata nel campo dell'ingegneria e un risultato più contenuto registrato nell'ambito della fisica.

Figura 3.12 – Confronti con i più importanti enti finanziatori al mondo nei vari settori (Confronto basato sul rapporto fra citazioni effettive/citazioni attese)



Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

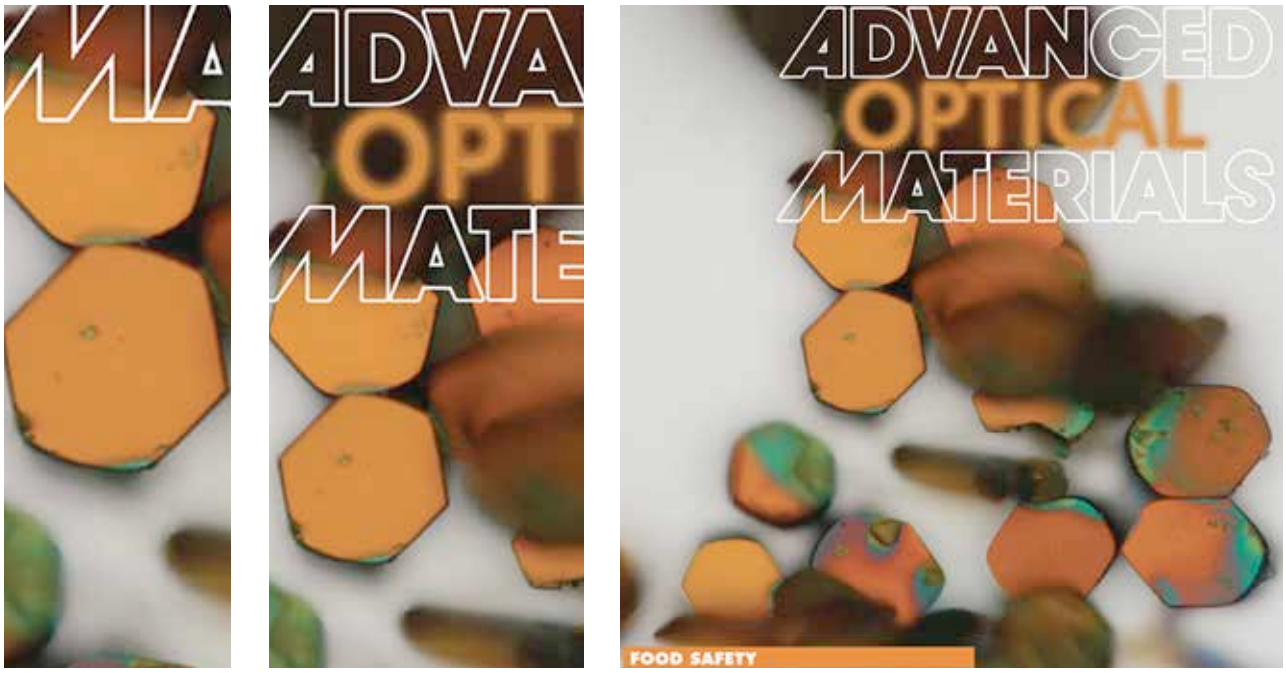
3.4 Rilevanza delle collaborazioni realizzate

Un altro aspetto interessante da descrivere è quello relativo alla collaborazione fra gruppi di ricerca afferenti a istituzioni diverse e alla rilevanza internazionale delle istituzioni coinvolte nelle attività di ricerca (co)finanziate dalla Fondazione. La tabella 3.5 esprime una sintesi di tali considerazioni riferita ai settori in cui più elevato è il numero di documenti compresi nel database analizzato[31] e mira a evidenziare la presenza di istituzioni che rappresentano, per quei settori, assoluti punti di riferimento internazionale[32].

Come si può osservare dalla tabella 3.5, sono 392 le istituzioni che hanno contribuito con il lavoro dei propri ricercatori alle 1.130 pubblicazioni analizzate, con una media di 2 istituzioni e 2 paesi diversi per documento pubblicato. Fra queste, 32 appartengono, nel relativo settore di attinenza delle pubblicazioni, all'insieme delle 20 istituzioni più importanti. 215 (il 19% del totale) sono, invece, i documenti cui ha collaborato una delle 20 istituzioni i cui lavori risultano più citati nel settore. Alcune differenze si registrano tra i diversi settori: in particolare, sono 16 (per 75 documenti prodotti) le istituzioni "top 20" coinvolte nelle ricerche che hanno portato alle 395 pubblicazione del campo della fisica, mentre sono 3 le istituzioni "top performer" (e 26 le relative pubblicazioni) nel

31 Anche in questo caso la ripartizione dei settori è frutto della ri-aggregazione dei campi di ricerca del database Web of Science operata da Thomson Reuters nell'ambito di Essential Science Indicators.

32 Tali istituzioni sono identificate considerando, per ciascun settore, i primi 20 enti risultanti dall'ordinamento in base al numero complessivo di citazioni negli ultimi 10 anni delle pubblicazioni prodotte da ricercatori afferenti a tali istituzioni pubblicato da Essential Science Indicators.



Copertina della rivista Advanced Optical Materials – Wiley. Foto di Beverina L.

Tabella 3.5 – Collaborazioni con Istituzioni di rilevanza internazionale

Settore (Classificazione Essential Science Indicators)	Documenti		Istituzioni		Paesi		Documenti realizzati con istituzioni top 20*		Istituzioni top20* con cui si è realizzato almeno un documento
	v.a.	%	v.a.	media per doc.	v.a.	media per doc.	v.a.	%	v.a.
Chimica	366	32	186	2	33	2	105	29	9
Fisica	395	35	215	3	32	2	75	19	16
Scienza dei materiali	192	17	133	2	29	2	19	10	9
Ingegneria	89	8	48	2	19	1	6	7	6
Biologia e biochimica	26	2	27	2	6	1	2	8	3
Altri settori	62	5	89	3	15	2	8	13	8
Totale	1.130	100	392	2	46	2	215	19	32

*Nota: * prime 20 istituzioni per numero complessivo di citazioni, all'interno di un determinato settore, secondo il database di ESI.*

Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

settore della biologia e della biochimica – in cui, come già visto in precedenza, si concentra, però, una quota modesta delle ricerche finanziate dal bando.

3.5 Rilevanza delle pubblicazioni "citanti"

Ancora più frequente, come si può osservare dalla tabella 3.6, è invece il caso nel quale le istituzioni internazionali più importanti hanno avuto occasione di riprendere i risultati emersi dalle ricerche finanziate dalla Fondazione e pubblicati su riviste scientifiche, citando tali documenti nei propri lavori.

Tabella 3.6 – Analisi documenti citanti

Settore (Classificazione Essential Science Indicators)	Documenti citanti		Istituzioni citanti		Paesi di origine delle istituzioni citanti		Documenti citanti realizzati da almeno un'istituzione top 20*		Istituzioni top20* con cui è stato realizzato almeno un documento citante
	v.a.	%	v.a.	media per doc.	v.a.	media per doc.	v.a.	%	v.a.
Chimica	5.718	43	1.556	2	90	1	1.482	26	19
Fisica	3.434	26	1.241	2	88	2	906	26	19
Scienza dei materiali	2.378	18	1.173	2	78	1	555	23	20
Ingegneria	821	6	580	2	59	1	129	5	20
Biologia e biochimica	268	2	317	2	53	1	36	4	12
Altri settori	555	4	575	2	55	1	68	25	15
Totale	13.174	100	2.144	2	105	1	3.176	24	31

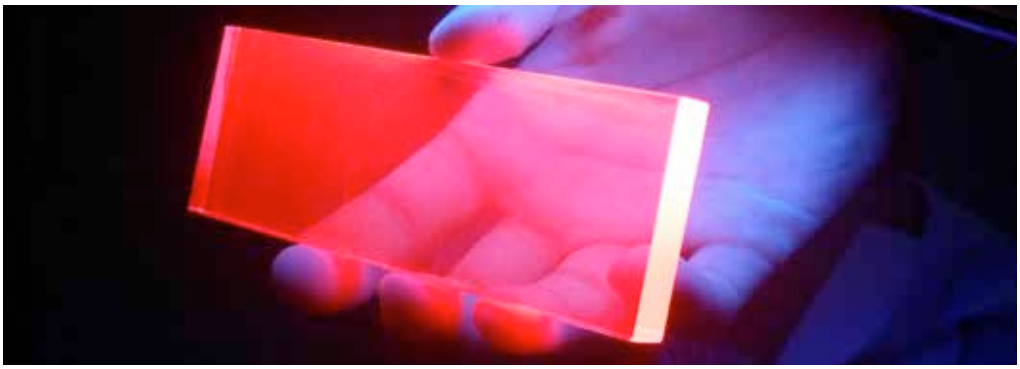
*Nota: * prime 20 istituzioni per numero complessivo di citazioni, all'interno di un determinato settore, secondo il database di ESI.*

Fonte: elaborazioni su dati Thomson Reuters (Web of Science, InCites e Essential Science Indicators), 2016

Nel complesso, fra i 13.174 documenti nei quali sono citati i risultati delle ricerche finanziate dalla Fondazione, sono ben 3.176 (circa un quarto del totale) i documenti prodotti da almeno una delle istituzioni[33] più rinomate negli stessi settori di riferimento.

33 Come già anticipato, si sono considerate, per ognuno dei settori in cui è classificata almeno una delle riviste scientifiche su cui è stato pubblicato almeno uno dei documenti del database, le prime 20 istituzioni riportate nella classifica di Essential Science Indicators, basata sul numero complessivo di citazioni su riviste incluse nel database Web of Science negli ultimi 10 anni.

Restringendo l'analisi ai settori in cui è più elevata (per numero di documenti citati e citanti) la rilevanza delle pubblicazioni prodotte dai team di ricerca finanziati, possiamo notare che quasi tutte le istituzioni più importanti dei vari settori citano almeno uno dei documenti prodotti dai gruppi di ricerca finanziati dalla Fondazione. L'incidenza di tali istituzioni in termini di documenti citanti varia, infine, fra il 5 e il 26% del totale dei documenti che riprendono i risultati prodotti dai gruppi di ricerca finanziati, con una netta distinzione fra i primi tre settori (chimica, fisica e scienza dei materiali), in cui la quota oscilla intorno al 25% e gli ultimi due (ingegneria e biologia e biochimica) in cui la quota si ferma al 5% circa.



Concentratore solare a base di nano particelle a semiconduttore – Foto di Brovelli S.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Canino P., Cima S., Pigozzi S. (2011), Ricerca scientifica in ambito biomedico. Milano, Fondazione Cariplo, *Quaderni dell'Osservatorio*, n. 6.

Cassella M., Bozzarelli O. (2011), Nuovi scenari per la valutazione della ricerca tra indicatori bibliometrici citazionali e metriche alternative nel contesto digitale. *Biblioteche oggi*, 29, 2: 66-78.

De Bellis N. (2005), *La citazione bibliografica nell'epoca della sua riproducibilità tecnica: bibliometria e analisi delle citazioni dallo Science Citation Index alla Cybermatica, ultima revisione 31/5/2005*. Mimeo, Università di Modena.

De Robbio A. (2007), Analisi citazionale e indicatori bibliometrici nel modello Open Access. *Bollettino AIB*, 47, 3: 257-288.

Figà-Talamanca A. (2000), L'impact factor nella valutazione della ricerca e nello sviluppo dell'editoria scientifica. Intervento al *IV seminario SINM*. Lecce, Italia, Ottobre.

Fondazione Cariplo (2011), Policy della Fondazione Cariplo in tema di tutela della proprietà intellettuale versione II, in vigore dal 25 gennaio 2011. Mimeo. www.fondazionecariplo.it.

Fondazione Cariplo (2012), Policy di Open Access a valere sui contributi nell'area ricerca scientifica versione I, in vigore dal 1 settembre 2012. Mimeo. www.fondazionecariplo.it.

Harzing A.W. (2010), *The Publish or Perish Book*. Melbourn: Tarma Software Research.

Hirsch J.E. (2005), An index to quantify an individual's scientific research output. *Conference Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 102, 46: 16569–16571 – www.cs.ucla.edu.

Kronick D.A. (1990), Peer Review in the 18th Century Scientific Journalism. *JAMA*, 263: 1321-1322.

Lampugnani G. (a cura di) (2002), *PROGETTO RISE Ricerca, innovazione e sviluppo economico: un percorso regionale per l'eccellenza*. Milano: IRER.

Piazzini T. (2010), Gli indicatori bibliometrici: riflessioni sparse per un uso attento e consapevole. *JLIS.it*, 1, 1: 63-86.

I QUADERNI DELL'OSSERVATORIO

Nella Collana QUADERNI DELL'OSSERVATORIO sono stati pubblicati i seguenti titoli, scaricabili sul sito www.fondazionecariplo.it/osservatorio.

Quaderno N.1 Periferie, cultura e inclusione sociale

Quaderno N.2 Il valore potenziale dei lasciti alle istituzioni di beneficenza

Quaderno N.3 Stranieri si nasce...e si rimane?

Quaderno N.4 Oltre la famiglia: strumenti per l'autonomia dei disabili

Quaderno N.5 L'educazione finanziaria per i giovani

Quaderno N.6 Ricerca scientifica in ambito biomedico

Quaderno N.7 Servizi per l'infanzia

Quaderno N.8 Assicurazione per persone con disabilità e loro famiglie

Quaderno N.9 Progetti e politiche per la mobilità urbana sostenibile

Quaderno N.10 Le organizzazioni culturali di fronte alla crisi

Quaderno N.11 I Social Impact Bond

Quaderno N.12 Lavoro e Psiche. Un progetto sperimentale per l'integrazione lavorativa di persone con gravi disturbi psichiatrici

Quaderno N.13 Il bando "Audit energetico degli edifici di proprietà dei comuni piccoli e medi"

Quaderno N.14 Infrastrutture di ricerca in Italia

Quaderno N.15 Performance economica e sociale delle istituzioni di microfinanza: alcune evidenze empiriche

Quaderno N.16 Cessione della nuda proprietà da parte di soggetti fragili: il possibile ruolo di un soggetto dedicato

Quaderno N.17 Abitare leggero. Verso una nuova generazione di servizi per anziani

Quaderno N.18 Progetti culturali e sviluppo urbano. Visioni, criticità e opportunità per nuove politiche nell'area metropolitana di Milano

Quaderno N.19 Sperimentare politiche sociali innovative. Manuale introduttivo

Quaderno N.20 #BICIttadini. Interventi a favore della mobilità ciclistica

Quaderno N.21 Resilienza tra territorio e comunità. Approcci, strategie, temi e casi

Quaderno N.22 Favorire la coesione sociale con le biblioteche. Valutazione del bando

Quaderno N.23 Il "mercato" dei lasciti testamentari. Nuove stime per Italia e Lombardia (2014-2030)

Quaderno N.24 Il bando abitare sociale temporaneo. Mappatura e analisi dei progetti finanziati (2000-2013)

Quaderno N.25 Lo sviluppo dei Green Jobs. Uno scenario di evoluzione quantitativa e qualitativa e alcune ipotesi di adeguamento dei percorsi formativi

Quaderno N.26 House rich, cash poor. Come rendere liquida la ricchezza rappresentata dalla casa di abitazione

Quaderno N.27 Bando materiali avanzati 2003-2013 – Progetti e risultati

BANDO MATERIALI AVANZATI 2003-2013 – Progetti e risultati is licensed under a Creative Commons Attribuzione Condividi allo stesso modo 3.0 Unported License.

doi: 10.4460/2017quaderno27

fondazione
cariplo